

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-218017

(43)Date of publication of application : 31.07.2003

---

(51)Int.Cl. H01L 21/027  
G02B 19/00  
G02B 27/00  
G03B 21/00  
G03B 21/14  
G03F 7/20

---

(21)Application number : 2002-017060 (71)Applicant : RICOH CO LTD  
(22)Date of filing : 25.01.2002 (72)Inventor : MIYAGAKI KAZUYA  
AISAKA KEISHIN  
KAMEYAMA KENJI  
KATO IKUO  
TAKIGUCHI YASUYUKI

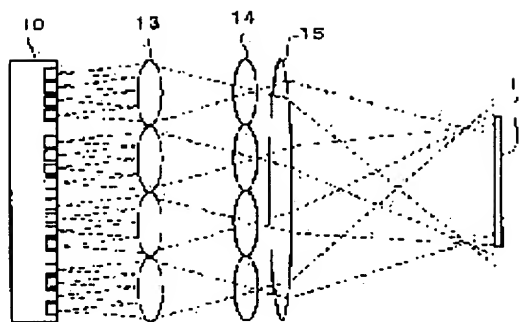
---

(30)Priority

Priority number : 2001351668 Priority date : 16.11.2001 Priority country : JP

---

(54) LASER LIGHTING OPTICAL SYSTEM, ALIGNER USING THE SAME, LASER  
PROCESSING DEVICE, AND PROJECTION DEVICE



(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a laser lighting optical system which is equipped with a laser array light source and fly's-eye lens and capable of improving an irradiated part in illuminance uniformity, even in a case in which an irradiated part is hard to be improved in illuminance uniformity when the number of divides of the split fly's-eye lens is the divisor of the number of laser arrays.

**SOLUTION:** This laser lighting optical system is composed of, at least, a laser array light source 10 and a fly's-eye lens integrator in vehicle the number of divides of the fly's-eye lenses 13 and 14 is the divisor of the number of laser arrays in the direction of the laser array. Light of the laser array light source 10 impinging on each lens of

the fly's-eye lenses 13 and 14 is different from each other in phase in profile, the periodic structure of the laser arrays and the size of the fly's-eye lenses are determined under the prescribed condition, so that an irradiated part 16 can be set uniform in illuminance even under the condition that the number of divisions of the fly's-eye lenses is the divisor of the number of laser arrays.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.10.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The laser illumination-light study system characterized by the spatial phases of the profile of the array light by which the number of partitions of the laser array light source and the direction of a laser array of a fly eye lens is the laser illumination-light study system which consists of fly eye integrators which are the divisor of the number of laser arrays, and incidence is carried out at least to each array of said fly eye lens differing respectively.

[Claim 2] It is the laser illumination-light study system which is a laser illumination-light study system which consists of the laser array light source arranged periodically and a fly eye lens integrator, and is characterized by the laser array light source being the divisor of the number of laser arrays which is equipped with the astigmatism LGT light-emitting part arranged periodically, and the number of partitions of the direction of a laser array of a fly eye lens makes turn on.

[Claim 3] The laser illumination-light study system characterized by having the means to which only a predetermined distance carries out the variation rate of the laser array light by which is arranged between said laser array light sources and said fly eye lenses, and incidence is carried out for every array of this fly eye lens in a laser illumination-light study system according to claim 1 or 2.

[Claim 4] The laser illumination-light study system characterized by having the means to which only a predetermined distance carries out the variation rate of the laser array light by which is arranged between the laser array light source, a collimate lens array, the fly eye integrator that is the divisor of the number of laser arrays which the number of partitions of the direction of a laser array of a fly eye lens has turned on, and said collimate lens array and said fly eye lens, and incidence is carried out for every array of this fly eye lens.

[Claim 5] It is the laser illumination-light study system which said fly eye integrator consists of a cylindrical-lens array and a cylinder lens in a laser illumination-light study system according to claim 1, 3, or 4, and is characterized by equalizing the flux of light of the rectangular direction with the hologram component of the modulation pitch

arranged between the light source and a fly eye integrator at a laser array.

[Claim 6] It is the laser illumination-light study system which replaces said fly eye integrator with a fly eye lens, consists of hologram components of this function in a laser illumination-light study system according to claim 1, 3, or 4, and is characterized by equalizing the flux of light of the rectangular direction with the hologram component of the modulation pitch arranged between the light source and a fly eye integrator at a laser array.

[Claim 7] The aligner characterized by having the laser illumination-light study system and projection lens of any one publication of claim 1-6.

[Claim 8] Laser-beam-machining equipment characterized by the laser illumination-light study system of any one publication of claim 1-6, and having a lens.

[Claim 9] The laser illumination-light study system of any one publication of claim 1-6, a color composition means, a space modulator, and the projection device characterized by having a projector lens.

[Claim 10] The projection device characterized by having arranged the fly eye integrator between a color composition means and a space modulator in a projection device according to claim 9.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the laser illumination-light study system which equalized the illuminance in the irradiated section by making laser into the light source, the aligner using it, laser-beam-machining equipment, and a projection device.

[0002]

[Description of the Prior Art] Since the projection device which made laser the light source has the narrow oscillation spectrum of laser, high projection of color purity is expected. On the other hand, since coherence of laser is high, after dividing the flux of light, when it compounds, an interference fringe may occur. For example, if illuminance equalization of the one laser beam is carried out by the usual fly eye lens optical system, an interference fringe will be seen in the irradiated section. Moreover, by the hologram component of a publication, a part of laser beam is laid, for example on top of JP,8-94839,A in the irradiated section, and although the configuration which suppresses interference small is indicated, the interference fringe of the configuration of the above-mentioned official report is not necessarily lost.

[0003] It is possible to, constitute the laser illumination-light study system which equalized the illuminance in the irradiated section by being comparatively small, and the laser array light source (especially semiconductor laser array light source) being expected as a high laser light source of an optical output, and combining this laser array light source, a fly eye lens, etc. on the other hand. Moreover, equalization of an illuminance is possible when combining the laser array light source and a fly eye lens, and the number of partitions of a fly eye lens chooses numbers other than the divisor of the number of laser arrays.

[0004] However, when numbers other than the divisor of the number of laser arrays were chosen as the number of partitions of a fly eye lens, depending on the number of laser arrays, it may become a large number, and there was fault that the degree of freedom of a design became low. That is, if equalization of an illuminance can be performed as the number of partitions of a fly eye lens in the number of partitions used as the divisor of the number of laser arrays when combining the laser array light source, a fly eye lens, etc., the degree of freedom of a design of a laser illumination-light study system can be made high.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention is made in view of the above-mentioned situation, and in the laser illumination-light study system which combined the laser array light source, a fly eye lens, etc., conventionally, when the number of partitions of the fly eye lens for which illuminance equalization was difficult is a divisor of the number of laser arrays, it aims at raising the illuminance homogeneity in the irradiated section.

[0006] Invention concerning claims 1, 2, and 3 has the laser array light source and a fly eye lens, and conventionally, also when it is the divisor of the number of laser arrays which the number of partitions of the fly eye lens for which illuminance equalization was difficult has turned on, it aims more detailed at offering the laser illumination-light study system which can raise the illuminance homogeneity in the irradiated section. Moreover, invention concerning claim 4 has the semiconductor laser array light source and a fly eye lens, and conventionally, also when illuminance equalization is the divisor of the number of laser arrays which the number of partitions of the difficult fly eye lens has turned on, it aims at offering the laser illumination-light study system which can raise the illuminance homogeneity of the direction of a laser array in the irradiated section.

[0007] Conventionally, also when the number of partitions of the fly eye lens for which illuminance equalization was difficult is a divisor of the number of laser arrays, invention which furthermore relates to claim 5 reduces the interference fringe which can raise the illuminance homogeneity of the direction of a laser array in the irradiated section, and originates in the flux of light of the array perpendicular direction of the laser array light source, and aims at offering the laser illumination-light study system which can raise the lighting engine performance to the irradiated section. Moreover, replace invention concerning claim 6 with a fly eye lens, and it uses a hologram component. Also when the number of partitions is a divisor of the number of laser arrays, the illuminance homogeneity of the direction of a laser array can be raised in the irradiated section. And the interference fringe resulting from the flux of light of the array perpendicular direction of the laser array light source is reduced, the lighting engine performance to the irradiated section is raised, and it aims at offering further the laser illumination-light study system which can attain the miniaturization of optical system.

[0008] The illuminance of an illumination-light study system is uniform, and invention concerning claim 7 aims at offering an aligner with the good lighting engine performance to a reticle etc. Moreover, the illuminance of an illumination-light study system is uniform, and invention concerning claim 8 aims at offering laser-beam-machining equipment with high illuminance homogeneity, and the laser-beam-machining equipment

which does not have an interference fringe further. Invention which furthermore relates to claim 9 has the uniform illuminance of an illumination-light study system, and aims to let the lighting engine performance on a space modulator (light valve) offer a good projection device and the projection device which an interference fringe does not generate further. Moreover, invention concerning claim 10 aims at offering the projection device which can attain the miniaturization of an illumination-light study system in addition to the purpose of claim 9.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, a laser illumination-light study system according to claim 1 is characterized by the spatial phases of the profile of the array light by which the number of partitions of the laser array light source and the direction of a laser array of a fly eye lens is the laser illumination-light study system which consists of fly eye integrators which are the divisor of the number of laser arrays, and incidence is carried out at least to each array of said fly eye lens differing respectively. Moreover, a laser illumination-light study system according to claim 2 is a laser illumination-light study system which consists of the laser array light source arranged periodically and a fly eye lens integrator, and the laser array light source is equipped with the astigmatism LGT light-emitting part arranged periodically, and is characterized by being the divisor of the number of laser arrays which the number of partitions of the direction of a laser array of a fly eye lens makes turn on. moreover, a laser illumination-light study system according to claim 3 -- the configuration of claims 1 or 2 -- in addition, it is characterized by having the means to which only a predetermined distance carries out the variation rate of the laser array light by which is arranged between said laser array light sources and said fly eye lenses, and incidence is carried out for every array of this fly eye lens.

[0010] A laser illumination-light study system according to claim 4 is characterized by having the means to which only a predetermined distance carries out the variation rate of the laser array light by which is arranged between the semiconductor laser array light source, a collimate lens array, the fly eye integrator that is the divisor of the number of laser arrays which the number of partitions of the direction of a laser array of a fly eye lens has turned on, and said collimate lens array and said fly eye lens, and incidence is carried out for every array of this fly eye lens.

[0011] In the configuration of claims 1, 3, or 4, said fly eye integrator consists of a cylindrical-lens array and a cylinder lens for a laser illumination-light study system according to claim 5, and the flux of light of the rectangular direction is characterized by being equalized with the hologram component of the modulation pitch arranged between the light source and a fly eye integrator at a laser array. Moreover, in the configuration of claims 1, 3, or 4, a laser illumination-light study system according to claim 6 replaces said fly eye integrator with a fly eye lens, and consists of hologram components of this function, and the flux of light of the rectangular direction is characterized by being equalized with the hologram component of the modulation pitch arranged between the light source and a fly eye integrator at a laser array.

[0012] An aligner according to claim 7 is characterized by having the laser illumination-light study system and projection lens of any one publication of claim 1-6. Moreover, laser-beam-machining equipment according to claim 8 is characterized by the laser illumination-light study system of any one publication of claim 1-6, and having a lens.

[0013] A projection device according to claim 9 is characterized by the laser illumination-light study system of any one publication of claim 1-6, the color composition means, the space modulator (light valve), and having a projector lens. Moreover, in addition to the configuration of claim 9, a projection device according to claim 10 is characterized by having arranged the fly eye integrator between a color composition

means and a space modulator.

[0014]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the configuration of the aligner using the laser illumination-light study system and it concerning this invention, laser-beam-machining equipment, and a projection device, actuation, and an operation are explained to a detail based on the example of illustration.

[0015] (Example 1) The example of invention concerning claim 1 is explained first.

Drawing 1 is the outline flat-surface block diagram of a laser illumination-light study system showing one example of invention concerning claim 1. Two or more light-emitting parts serve as the laser array light source 10 arranged in the shape of an array from the 1st fly eye lens 13, the 2nd fly eye lens 14, and a condensing lens 15, and this laser illumination-light study system consists of fly eye integrators whose numbers of partitions of the direction of a laser array of the fly eye lenses 13 and 14 are a divisor of the number of laser arrays, and illuminates the irradiated section 16 for two or more laser beams oscillated from the laser array light source 10 through the fly eye integrators 13-15. This irradiated section 16 is a part by which the equalized flux of light is irradiated, and a space optical modulator (the so-called light valve) corresponds [ the mask for exposure (reticle) ] to this irradiated section with a projection device in an aligner.

[0016] The laser oscillation sections (light-emitting part), such as semiconductor laser, can use suitably for the laser array light source 10 a thing of a type, laser of a stripe mold, etc. which were arranged in the shape of an array. The 1st fly eye lens 13 and the 2nd fly eye lens 14 which constitute a fly eye integrator serve to come to arrange [ work ] the spherical surface and a cylindrical lens in the shape of an array in the direction and this direction of a laser array, and to consist [ work ] of a cylindrical-lens array, for example, for the 1st fly eye lens 13 to divide [ work ] incoming beams into the flux of light of the number of lens arrays, and to make each lens of the 2nd fly eye lens 14 condense. The 2nd fly eye lens 14 makes the image which condensed by the 1st fly eye lens refracted, and serves to collect the flux of lights on the irradiated section 16 as much as possible.

[0017] The condensing lens 15 arranged on the outgoing radiation side optical path of the 2nd fly eye lens 14 of a fly eye integrator consists of a cylindrical lens. This condensing lens 15 It is what is prepared in order to illuminate more the irradiated section 16 allotted to the position to homogeneity. Use effectiveness of light can be made high, and illuminance nonuniformity is lost, and it enables it to raise homogeneity by condensing the outgoing radiation light from the 2nd fly eye lens 14 in the irradiated section 16. Namely, although the optical reinforcement of the direction of a lens array is equalized by the 1st and 2nd fly eye lens 13 and 14 Although illuminance nonuniformity may arise depending on how with which the array light in the irradiated section 16 laps while the array light which does not illuminate the irradiated section 16 arises, when there is no condensing lens 15 In this example with a condensing lens (cylindrical lens) 15 Homogeneity lighting in the irradiated section 16 is realized by setting up so that the flux of light of the direction of a lens array of the 1st and 2nd fly eye lens 13 and 14 (the direction of a laser array) may be condensed in the irradiated section 16.

[0018] In this example, the number of partitions of the direction of a laser array of the fly eye lenses 13 and 14 which constitute the above-mentioned fly eye integrator is a divisor of the number of arrays of the laser oscillation section (light-emitting part) of the laser array light source 10. In the example of drawing 1 , the number of partitions of the direction of a laser array of 16 and the fly eye lenses 13 and 14 is set to 4 for the number of laser arrays. In addition, this may be an example, and other combination is sufficient as it as long as the relation of a divisor is realized. Moreover, in this example, it is characterized by the spatial phases of the profile of the laser array light by which incidence is carried out to each array (each lens section) of the fly eye lenses 13 and 14 differing respectively.

[0019] Here, arrangement of each light-emitting part of the laser array light source 10 and the relation of the fly eye lenses 13 and 14 are explained using drawing 3. Drawing 3 shows the profile of the laser array light by which incidence is carried out to the 1st fly eye lens 13 of the laser illumination-light study system shown in drawing 1. Four diameters of a beam are periodically arranged at a time by P by the Gaussian profile, a clearance has only P and, as for the laser beam from each light-emitting part of the laser array light source 10, the following four are arranged. If another expression is carried out, there will be four laser profiles in the period of 5P. Therefore, the die length of each array (each lens section) of the 1st fly eye lens 13 is set to  $19P/4$ . By such configuration, as for the profile of the laser beam which carries out incidence to the 1st fly eye lens 13, a phase will shift every  $[4/P]$ . Since the 1st fly eye lens 13 and the irradiated section 16 have a conjugate relation, a phase shifts every  $[4/P]$  and a Gaussian profile array is added also for the irradiated section 16. The intensity distribution of the laser array light (arrays 1-4) which passed each array (each lens section) by which the fly eye lens was quadrisectioned, and the intensity distribution added on the irradiated section 16 become like drawing 6, and the lighting reinforcement on the irradiated section 16 is equalized.

[0020] (Example 2) The example of invention which relates to claim 2 next is explained. Drawing 2 is the outline flat-surface block diagram of a laser illumination-light study system showing one example of invention concerning claim 2. This laser illumination-light study system serves as the laser array light source 11 by which two or more light-emitting parts were arranged in the shape of an array from the 1st fly eye lens 13, the 2nd fly eye lens 14, and a condensing lens 15. However, although it differs and all spacing with contiguity laser of an example 1 is the same, the laser array light source 11 is driven as there is a light-emitting part which is not made to turn on periodically. That is, the laser array light source 11 is equipped with the astigmatism LGT light-emitting part arranged periodically. In drawing 2, one light-emitting part 11e in it is used as the astigmatism LGT as an example by making five light-emitting parts 11a-11e of the laser array light source 11 into a lot. The fly eye lenses 13 and 14 are constituted so that it may become the divisor of the number of laser arrays which the number of partitions of the direction of a laser array makes turn on, and they illuminate the irradiated section 16 for two or more laser beams oscillated from the laser array light source 11 through the fly eye integrators 13-15. This irradiated section 16 is a part by which the equalized flux of light is irradiated, and a space optical modulator (the so-called light valve) corresponds [ the mask for exposure (reticle) ] to this irradiated section with a projection device in an aligner. The laser oscillation sections (light-emitting part), such as laser, can use suitably for the laser array light source 11 a thing of a type, laser of a stripe mold, etc. which were arranged in the shape of an array. Since work of a fly eye integrator is as the example 1 having explained, it omits explanation.

[0021] In this example, four diameters of a beam are periodically arranged at a time by P by the Gaussian profile, a clearance has only P and, as for the laser beam which the laser array light source 11 made turn on, the following four are arranged. If another expression is carried out, there will be four laser profiles in the period of 5P. Therefore, as shown in drawing 3, the die length of each array (each lens section) of the 1st fly eye lens 13 is set to  $19P/4$ . By such configuration, as for the profile of the laser beam which carries out incidence to the 1st fly eye lens 13, a phase will shift every  $[4/P]$ . Since the 1st fly eye lens 13 and the irradiated section 16 have a conjugate relation, a phase shifts every  $[4/P]$  and a Gaussian profile array is added also for the irradiated section 16. The intensity distribution of the laser array light (arrays 1-4) which passed each array (each lens section) by which the fly eye lens was quadrisectioned, and the intensity distribution added on the irradiated section 16 become like drawing 6, and the lighting reinforcement on the irradiated section 16 is equalized.

[0022] (Example 3) The example of invention which relates to claim 3 next is explained.



Drawing 4 is the outline flat-surface block diagram of a laser illumination-light study system showing the 1st example of invention concerning claim 3. This laser illumination-light study system consists of the laser array light source 11, two or more parallel plates 12a, 12c, and 12d, and fly eye integrators 13, 14, and 15, and 16 shows the irradiated section. That is, in addition to the configuration of drawing 1, the configuration shown in drawing 4 arranges two or more parallel plates 12a, 12c, and 12d which consist of a transparence member between the laser array light source 11 and the fly eye integrators 13, 14, and 15, and constitutes the means to which only a predetermined distance carries out the variation rate of the laser array light by which incidence is carried out for every array of the fly eye lenses 13 and 14 with two or more parallel plates 12a, 12c, and 12d. In addition, the configuration and function (actuation) of the fly eye integrators 13, 14, and 15 are the same as that of an example 1.

[0023] In this example, the number of partitions of the direction of a laser array of 16 pieces and the 1st and 2nd fly eye lenses 13 and 14 is set to 4 for the number of laser arrays of the laser array light source 11 like an example 1 (drawing 1) for explanation of operation. If constituted from a usual fly eye integrator, incidence of the four laser array light of a profile (intensity distribution) as shown in drawing 5 will be carried out to one array (lens section) of the 1st fly eye lens 13. Since incidence of the light of the same profile as drawing 5 is carried out to all the arrays (lens section) of the 1st fly eye lens 13, in the irradiated section 16, four profiles of drawing 5 will be in phase, and will be integrated, and illuminance nonuniformity occurs.

[0024] So, in this example, as shown in drawing 4, two or more parallel plates 12a, 12c, and 12d have been arranged between the laser array light source 11 and the 1st fly eye lens 13, and the means to which only a predetermined distance carries out the variation rate of the laser array light by which incidence is carried out for every array of the fly eye lens 13 is established. It shall be arranged with each parallel plates 12a and 12c which constitute this displacement means, and a predetermined tilt angle, and shall have 12d of predetermined thickness. for example, the variation rate of the light by the parallel plates 12a, 12c, and 12d since the number of partitions of the fly eye lens 13 is 4 when one beam diameter P of laser array light sets to 1mm -- an amount --  $1 / 4 = 0.25$  [mm] -- it considers as every [ mm ] . As an example, the parallel plates 12a, 12c, and 12d of a tilt angle as shown in the following table 1, and thickness are arranged. However, the parallel plates [ 12a 12c, and 12d ] refractive index was set to 1.52.

[0025]

[Table 1]

[0026] In addition, although the amount of displacement is decided in Table 1 by parallel plates [ 12a 12c, and 12d ] the inclination direction and thickness, as shown in the following table 2, parallel plates [ 12a 12c, and 12d ] thickness may be made the same, and a tilt angle may be changed respectively.

[0027]

[Table 2]

[0028] If the variation rate of the optical path of laser array light is carried out and the irradiated section 16 is illuminated with the fly eye integrators 13, 14, and 15 using the

parallel plates 12a, 12c, and 12d of the tilt angle shown in Table 1 or 2, and thickness, intensity distribution like drawing 6 will be acquired. That is, since the incident light profile to each array (each lens section) of the 1st fly eye lens 13 serves as intensity distribution from which the phase as shown in the array 1 of drawing 6 - an array 4 shifted, an illuminance will be equalized if integrated in the irradiated section 16. However, since there is the periphery of the compounded light if no is uniform, homogeneity is securable by designing so that the field shown by the arrow head of drawing 6 may serve as the irradiated section.

[0029] Next, drawing 7 is the outline flat-surface block diagram of a laser illumination-light study system showing the 2nd example of invention concerning claim 3. This laser illumination-light study system consists of the laser array light source 11, two or more hologram components 41a, 41c, and 41d, and fly eye integrators 13, 14, and 15, and 16 shows the irradiated section. That is, the configuration shown in drawing 7 constitutes the means to which only a predetermined distance carries out the variation rate of the laser array light by which arranges two or more hologram components 41a, 41c, and 41d, and incidence is carried out instead of [ parallel / monotonous ] the configuration of drawing 4 for every array of the fly eye lenses 13 and 14 with two or more hologram components 41a, 41c, and 41d between the laser array light source 11 and the fly eye integrators 13, 14, and 15. In addition, other configurations are the same as that of drawing 4.

[0030] The hologram components 41a, 41c, and 41d are the configurations of making the light which produced the relief mold hologram, for example on the transparent parallel monotonous front reverse side, and was diffracted on the side front diffracting again by the hologram on a background. Moreover, it is made for hologram components [ 41a 41c, and 41d ] an incident light shaft and an outgoing radiation optical axis to become parallel, and the amount of displacement presupposes that it is the same as the value shown in the 1st example. The configuration of this 2nd example also becomes like drawing 6 in the illumination distribution in the irradiated section 16, and an illuminance is equalized. Although the hologram is installed in the front flesh side, even if the hologram components 41a, 41c, and 41d do not make parallel an incident light shaft and an outgoing radiation optical axis by this example, the effectiveness of this invention is acquired. Therefore, a hologram component may produce a hologram to either among front flesh sides.

[0031] (Example 4) The example of invention which relates to claim 4 next is explained. Drawing 8 is the outline flat-surface block diagram of a laser illumination-light study system showing one example of invention concerning claim 4. This laser illumination-light study system consists of a means 12 to which the variation rate only of the predetermined distance is carried out, and fly eye integrators 13, 14, and 15 in the laser array light by which incidence is carried out to the laser array light source 51 (for example, semiconductor laser array light source) by which the laser light-emitting part was arranged in the shape of an array, and the collimate lens array 52 for every array of a fly eye lens, and 16 is the irradiated section.

[0032] The configuration and function (actuation) of the fly eye integrators 13, 14, and 15 are the same as that of an example 1. Although the displacement means 12 is illustrating the case where two or more parallel plates 12a, 12c, and 12d are used like the 1st example of an example 3 as an example, it may be a displacement means using two or more of the same hologram components as the 2nd example of an example 3. Each laser beam by which outgoing radiation is carried out from the laser array light source 51 is emitted [ full width ] by the about 10-30-degree angle of divergence. It functions as the collimate lens array 52 making these emission beams form into the parallel flux of light. That is, the lens is array-ized in the same pitch as the array pitch of the light-emitting part of the laser array light source 51, and the collimate lens array 52 collimates the laser

beam emitted from each light-emitting part of the laser array light source 51 with the lens which corresponds respectively, and is made to form into the parallel flux of light. As for the laser beam formed into the parallel flux of light by the collimate lens array 52, the variation rate only of the distance predetermined in a predetermined beam is carried out by the displacement means 12.

[0033] Temporarily, when the number of partitions to which the number of arrays of the laser array light source 51 met in the direction of a light source array of the 1st and 2nd fly eye lenses 13 and 14 by 16 is 4, incidence of drawing 5 and the array light of four same Gaussian profiles is carried out to each array of the 1st fly eye lens 13. therefore, the variation rate at this time -- the variation rate by the means 12 (for example, two or more parallel plates 12a, 12c, and 12d) -- an amount, as it becomes as it is shown in above-mentioned Table 1 or 2 and the example 3 described Since the incident light profile to each array (each lens section) of the 1st fly eye lens 13 serves as intensity distribution from which the phase as shown in the array 1 of drawing 6 - an array 4 shifted, an illuminance will be equalized if integrated in the irradiated section 16. Thus, equalization of the illuminance on the irradiated section 16 is possible also on the conditions that the number of partitions of the fly eye lenses 13 and 14 is a divisor of the number of arrays of the light source, by using the collimate lens array 52 and the displacement means 12 for the light source 51 also as a laser array.

[0034] (Example 5) The example of invention which relates to claim 5 next is explained. Drawing 9 is drawing showing one example of invention concerning claim 5, (a) is the outline flat-surface block diagram of a laser illumination-light study system, and (b) is the outline side-face block diagram of a laser illumination-light study system. This laser illumination-light study system consists of the laser array light source 51 (for example, semiconductor laser array light source) by which the laser light-emitting part was arranged in the shape of an array, the collimate lens array 52, a means 12 to which only a predetermined distance carries out the variation rate of the laser array light, a hologram component 61 which makes a laser array equalize the flux of light of the rectangular direction, and fly eye integrators 63, 64, and 65, and 16 is the irradiated section. In addition, although there is a collimate lens array 52 in drawing 9 (a) and (b), if the angle of divergence of the light source is small, it is not necessarily required. Moreover, although the displacement means 12 is illustrating the case where two or more of the same parallel plates 12a, 12c, and 12d as the 1st example of an example 3 are used as an example, it can also use the same hologram component as the 2nd example of an example 3.

[0035] The fly eye integrator of this example consists of fly eye lenses 63 and 64 and a condensing lens 65, and consists of cylindrical-lens systems like the example 1, and its same is said of a function. That is, the 1st and 2nd fly eye lenses 63 and 64 are cylindrical-lens arrays, and a condensing lens 65 is a cylindrical lens. And the flux of light parallel in the space of drawing 9 (a) is equalized with a fly eye integrator, and homogeneity lighting of the irradiated section 16 is carried out. The actuation in the space of drawing 9 (a) is the same as the actuation stated in the example 4, the variation rate of the laser array light by which incidence is carried out to the 1st fly eye lens 63 is carried out only for a predetermined distance by the displacement means 12, and since the phase of the profile irradiated by the irradiated section 16 shifts suitably, an illuminance is equalized.

[0036] Next, the hologram component 61 which makes a laser array equalize the flux of light of the rectangular direction is described. The hologram component 61 is constituted by a transparency mold amplitude grating, a transparency mold phase grating, or the transparency mold blaze grid, and an interference fringe can be burned on a photoresist, respectively, or it can be produced by carrying out carrying out the marked line of the slot to substrate front faces, such as a glass plate, with a diamond cutter mechanically etc.

This hologram component 61 has the work to which the intensity distribution of only an one direction (the pitch direction of a grid slot) are transformed in a grid among the laser beam bundles emitted from the laser array light source 51. In this example, the direction of a grid of the hologram component 61 is parallel to the space of drawing 9 (a), and since grid pitches differ in the hologram component side, it functions as making a laser array equalize the flux of light of the rectangular direction. The modulation pitch of this hologram component 61 is realized in a grid pitch as shown in drawing 10 as an example. If incidence of the laser beam of a Gaussian profile is carried out to such a modulation pitch, the circumference of breadth and a beam will be compressed and near the core of the flux of light will become equalization reinforcement. In drawing 9 (b), the beam of light with the powerful reinforcement of the flux of light narrows and expresses spacing, the direction of the beam of light of the direction which intersects perpendicularly with the laser array of the laser array light source 51 by the hologram component 61 changes, and a uniform illuminance is obtained in the irradiated section 16. In addition, like drawing 9 (b), since it consists of cylindrical-lens systems, the fly eye integrators 63, 64, and 65 do not have a mere refraction operation of the direction which does not pass monotonously but intersects perpendicularly with the laser array of the laser array light source 51, when a fly eye integrator is seen from the side-face side of an illumination-light study system.

[0037] In the process of illuminance equalization of the flux of light of the rectangular direction to the laser array by the hologram component 61, also when it is said that the flux of light is divided using the fly eye integrators 63, 64, and 65, and it piles up in the irradiated section 16, interference fringe generating does not take place. That is, in order to change the consistency (illuminance) of the flux of light continuously by the hologram component 61, an interference fringe does not come out. For this reason, the illuminance homogeneity of the irradiated section 16 becomes good. In addition, in drawing 9 (a), although it is the optical system using the fly eye integrators 63, 64, and 65, since the light piled up in the irradiated section 16 is the light which carried out outgoing radiation from the separate optical resonance section (laser light-emitting part) of the laser array light source 51, it does not interfere in them.

[0038] (Example 6) The example of invention which relates to claim 6 next is explained. Drawing 11 is drawing showing the example of invention concerning claim 6, (a) is the outline flat-surface block diagram of a laser illumination-light study system, and (b) is the outline side-face block diagram of a laser illumination-light study system. This laser illumination-light study system consists of the laser array light source 51 (for example, semiconductor laser array light source) by which the laser light-emitting part was arranged in the shape of an array, the collimate lens array 52, a means 12 to which only a predetermined distance carries out the variation rate of the laser array light, a hologram component 61 which makes a laser array equalize the flux of light of the rectangular direction, and a hologram component 62 which has a fly eye integrator function, and 16 is the irradiated section.

[0039] The laser illumination-light study system of this example is replaced with the fly eye integrator (a fly eye lens and condensing lens) of the laser illumination-light study system of a configuration of having been shown in drawing 9, and using the hologram component 62 with the same function as this fly eye integrator, since the configuration of the other laser array light sources 51, the collimate lens array 52, the displacement means 12, and the hologram component 61 and actuation are the same as that of an example 5, these explanation is omitted.

[0040] Since the hologram component 62 as a fly eye integrator has the same function as the fly eye lens system shown in drawing 9 (a), if it shall quadrisection and use in the direction of an array to the laser array light source 51 which has 16 light-emitting parts as shown in drawing 11 (a) for example, it will deviate and the diffracted light from each

field will be expanded so that the whole surface of the irradiated section 16 may be illuminated (it reduces depending on the case). Moreover, if compared with a fly eye lens system as shown in drawing 9, fly eye lens spacing (spacing from the 1st fly eye lens 63 to the 2nd fly eye lens 64) can be contracted at least. For this reason, optical system can be made small.

[0041] (Example 7) The example of invention which relates to claim 7 next is explained. Drawing 12 is the outline block diagram of the aligner in which one example of invention concerning claim 7 is shown, and, as for the laser illumination-light study system for which the sign 100 in drawing used the laser array light source (or semiconductor laser array light source) for, and 101 used the configuration of any one publication among examples 1-6 (claim 1 - claim 6), the reticle whose 102 is the irradiated section, and 103, a projection lens and 104 are substrate stages.

[0042] In the aligner of this example, the laser array light from the laser array light source 100 serves as a homogeneous radiation illuminance on the reticle 102 which is the irradiated section by the laser illumination-light study system 101 which used the configuration of any one publication among examples 1-6 (claim 1 - claim 6). It is the thing of the mask for exposure used in order that a reticle 102 may expose a circuit pattern on a wafer at the manufacture process of a semiconductor device, and the pattern of a reticle 102 is exposed by the wafer placed on the substrate stage 104 with the projection lens 103. Moreover, an exposure location is adjusted on the substrate stage 104, and the location of a request of a wafer is exposed.

[0043] in addition, when the laser illumination-light study system of a configuration of having explained by any one of examples 1-4 (claims 1-4) is used as a laser illumination-light study system 101 When the laser illumination-light study system which homogeneity lighting is possible on a reticle side, and was explained in the examples 5 and 6 (claims 5 and 6) is used Since the flux of light of the array rectangular cross direction of the laser array light source 100 is made to equalize with the hologram component of a modulation pitch, it can expose with the homogeneity lighting which is not that of an interference fringe on a reticle side. Therefore, an aligner with it is realizable. [ the good lighting engine performance and ] [ highly efficient ]

[0044] (Example 8) The example of invention which relates to claim 8 next is explained. Drawing 13 is the outline block diagram of the laser-beam-machining equipment in which one example of invention concerning claim 8 is shown, and, as for the laser illumination-light study system for which the sign 100 in drawing used the laser array light source (or semiconductor laser array light source) for, and 101 used the configuration of any one publication among examples 1-6 (claim 1 - claim 6), and 105, a lens and 106 are work pieces.

[0045] With the laser-beam-machining equipment of this example, it changes into a homogeneity beam by the laser illumination-light study system of any one publication of the laser beam from the laser array light source 100 among examples 1-6 (claim 1 - claim 6), and a work piece 106 contracts, or expands and irradiates with a lens 105. At a condensing spot, surface treatment and cutting processing of a work piece 106 can be performed. Moreover, in the arrangement which transposes a lens 105 to a projection lens, or uses the irradiated section as a direct work piece, since homogeneity lighting can be carried out over the large range of a work piece 106, it can use also as laser annealing.

[0046] in addition, when the laser illumination-light study system of a configuration of having explained by any one of examples 1-4 (claims 1-4) is used as a laser illumination-light study system 101 When the laser illumination-light study system which could carry out homogeneity lighting on the work piece, and was explained in the examples 5 and 6 (claims 5 and 6) is used, in order to make the flux of light of the array rectangular cross direction of the laser array light source 100 equalize with the hologram component of a modulation pitch, an interference fringe does not occur on a work piece.

For this reason, good laser beam machining and laser annealing can be performed.

[0047] (Example 9) The example of invention which relates to claim 9 next is explained. Drawing 14 is the outline block diagram of the projection device in which one example of invention concerning claim 9 is shown. The projection device of this example consists of the laser array light sources 100r, 100g, and 100b, the laser illumination-light study systems 110r, 110g, and 110b which used the configuration of any one publication among examples 1-6 (claim 1 - claim 6), a color composition means 113, a space modulator (light valve) 114, and a projector lens 115. Moreover, although a sign 116 is a field lens, and it is used in order to put the image light from a light valve 114 into a projector lens pupil efficiently, it is not necessarily required. In addition, a dichroic prism and a dichroic mirror can be used as a color composition means 113.

[0048] The laser illumination-light study systems 110r, 110g, and 110b are constituted from this example by the hologram components 111r, 111g, and 111b and the fly eye integrators 112r, 112g, and 112b. That is, in this example, the intensity distribution of the array rectangular cross direction of the laser array light sources 100r, 100g, and 100b are changed with the hologram components 111r, 111g, and 111b of a modulation pitch which was stated in the example 5 (or example 6), and illuminance equalization of the direction of an array is carried out with the fly eye integrators (hologram component with the function of a fly eye lens, a condensing lens, or a fly eye integrator) 112r, 112g, and 112b. If these laser illumination-light study systems 110r, 110g, and 110b are used, an interference fringe will not occur with the 114th page of the light valve which is the irradiated section. Moreover, a collimate lens array may be used between the light sources 100r, 100g, and 100b and the hologram components 111r, 111g, and 111b. Moreover, the hologram components 111r, 111g, and 111b may not be used, but the direction of an array and the array rectangular cross direction of the laser array light sources 100r, 100g, and 100b may be made to equalize with the fly eye integrators 112r, 112g, and 112b.

[0049] Incidence of the flux of light from the laser illumination-light study systems 110r, 110g, and 110b is carried out to the color composition means 113, and the laser beam of three colors of red (R), green (G), and blue (B) is compounded with the color composition means 113. The image by which the light valve 114 was illuminated with a synthetic light of these three colors, and the space modulation was carried out by the RAIDO bulb 114 is projected on a screen (illustration is omitted) with a projector lens 115. A liquid crystal device can be used as a light valve 114. Moreover, using the light valve of a reflective mold, although the light valve of a transparency mold is illustrated in drawing 14, the illumination light and incident light may be constituted so that it may branch by the polarization beam splitter.

[0050] Moreover, although the light valve 114 of the veneer is used in this example, you may make it use three light valves. Although not illustrated, in the case of 3 plate type, a light valve is arranged in the irradiated section of the one laser array light source and laser illumination-light study system, the image light from three light valves is compounded with a color composition means (for example, dichroic prism), and it is made to project on a screen with a projector lens.

[0051] In the projection device of this example, since the light source is the laser array light source, even if each laser power is small, it is made to high power by making [ many ] the number of arrays. Moreover, since the homogeneity lighting with which an interference fringe does not occur on a light valve 114 can do the flux of light of the laser array rectangular cross direction of the laser array light source like this example when transforming intensity distribution with the hologram components 111r, 111g, and 111b of a modulation pitch, a projection device with display quality it is bright and high is realizable.

[0052] (Example 10) The example of invention which relates to claim 10 next is explained.

Drawing 15 is the outline block diagram of the projection device in which one example of invention concerning claim 10 is shown. The projection device of this example consists of the laser array light sources 100r, 100g, and 100b, the laser illumination-light study system (the hologram components 111r, 111g, and 111b, fly eye integrator 112) which used the configuration of any one publication among examples 1-6 (claim 1 - claim 6), a color composition means 113, a light valve 114, and a projector lens 115. Moreover, although a sign 116 is a field lens, and it is used in order to put the image light from a light valve 114 into a projector lens pupil efficiently, it is not necessarily required. In addition, a dichroic prism and a dichroic mirror can be used as a color composition means 113.

[0053] although a laser illumination-light study system consists of three hologram components 111r, 111g, and 111b and one fly eye integrator (for example, hologram component which has the function of a fly eye lens system or a fly eye lens system) 112 in this example -- the fly eye integrator 112 -- the color composition means 113 -- red (R) -- green -- it arranges to the optical path after compounding the laser beam of (G) and three blue (B) colors. By the configuration of this example, since 1 set is sufficient for the fly eye integrator 112, the components mark of equipment can be reduced, and equipment can also be made small.

[0054] In the projection device of this example, since the light source is the laser array light source, even if each laser power is small, it is made to high power by making [ many ] the number of arrays. Moreover, since the homogeneity lighting with which an interference fringe does not occur on a light valve can do the flux of light of the laser array rectangular cross direction of the laser array light source like this example when transforming intensity distribution with the hologram components 111r, 111g, and 111b of a modulation pitch, a projection device with display quality it is bright and high is realizable. Furthermore, in this example, since the fly eye integrator 112 was made to communalize, components mark decrease and low cost can realize a small projection device.

[0055]

[Effect of the Invention] As explained above, by the laser illumination-light study system according to claim 1 It is the laser illumination-light study system which consists of fly eye integrators whose numbers of partitions of the laser array light source and the direction of a laser array of a fly eye lens are a divisor of the number of laser arrays at least. Since it is characterized by the spatial phases of the profile of the array light by which incidence is carried out to each array of said fly eye lens differing respectively By making periodic structure of a laser array, and magnitude of a fly eye lens into predetermined conditions, the number of partitions of a fly eye lens can attain equalization of the illuminance in the irradiated section also on condition that the divisor of the number of arrays of laser array light.

[0056] It is the laser illumination-light study system which consists of laser illumination-light study systems according to claim 2 with the laser array light source arranged periodically and a fly eye lens integrator. The laser array light source By being the divisor of the number of laser arrays which is equipped with the astigmatism LGT light-emitting part arranged periodically, and the number of partitions of the direction of a laser array of a fly eye lens makes turn on The number of partitions of a fly eye lens can attain equalization of the illuminance in the irradiated section also on condition that the divisor of the number of arrays of laser array light.

[0057] By the laser illumination-light study system according to claim 3, it adds to the configuration of claims 1 or 2. Since it is characterized by having the means to which only a predetermined distance carries out the variation rate of the laser array light by which is arranged between said laser array light sources and said fly eye lenses, and incidence is carried out for every array of this fly eye lens By carrying out the variation rate of the laser array light by which incidence is carried out to a fly eye lens with a displacement



means, the number of partitions of a fly eye lens can attain equalization of the illuminance in the irradiated section also on condition that the divisor of the number of arrays of laser array light.

[0058] By the laser illumination-light study system according to claim 4, the laser array light source and a collimate lens array, The fly eye integrator which is the divisor of the number of laser arrays which the number of partitions of the direction of a laser array of a fly eye lens has turned on, Since it is characterized by having the means to which only a predetermined distance carries out the variation rate of the laser array light by which is arranged between said collimate lens arrays and said fly eye lenses, and incidence is carried out for every array of this fly eye lens By carrying out the variation rate of the laser array light by which incidence is carried out to a fly eye lens with a displacement means, the number of partitions of a fly eye lens can attain equalization of the illuminance in the irradiated section also on condition that the divisor of the number of arrays of laser array light, using a laser array.

[0059] By the laser illumination-light study system according to claim 5, it sets in the configuration of claims 1, 3, or 4. Said fly eye integrator consists of a cylindrical-lens array and a cylinder lens. To a laser array the flux of light of the rectangular direction Since it is characterized by being equalized with the hologram component of the modulation pitch arranged between the light source and a fly eye integrator By carrying out a variation rate, the laser array light by which incidence is carried out to a fly eye lens In order that equalization can do the illuminance of the flux of light component of the direction of a laser array, illumination distribution may be perpendicularly changed into a laser array with the hologram component of a modulation pitch and the number of partitions of a fly eye lens may attain equalization also on condition that the divisor of the number of arrays of laser array light, An interference fringe does not come out in the irradiated section, but good lighting is attained.

[0060] By the laser illumination-light study system according to claim 6, it sets in the configuration of claims 1, 3, or 4. Said fly eye integrator It replaces with a fly eye lens and consists of hologram components of this function. To a laser array the flux of light of the rectangular direction Since it is characterized by being equalized with the hologram component of the modulation pitch arranged between the light source and a fly eye integrator Since both components which measures illuminance equalization of the direction of a laser array and illuminance equalization of the array rectangular cross direction are constituted from a hologram component while the same effectiveness as claim 5 is acquired, it becomes possible to make an illumination-light study system small.

[0061] In an aligner according to claim 7, since it is characterized by having the laser illumination-light study system and projection lens of any one publication of claim 1-6, the aligner in which lighting with the number of arrays of a fly eye integrator good also on condition that the divisor of the number of laser arrays is possible is realizable.

[0062] With laser-beam-machining equipment according to claim 8, since it is characterized by the laser illumination-light study system of any one publication of claim 1-6, and having a lens, the laser-beam-machining equipment in which lighting with the number of arrays of a fly eye integrator good also on condition that the divisor of the number of laser arrays is possible is realizable.

[0063] In a projection device according to claim 9, since it is characterized by the laser illumination-light study system of any one publication of claim 1-6, the color composition means, the space modulator (light valve), and having a projector lens, lighting with the number of arrays of a fly eye integrator good also on condition that the divisor of the number of laser arrays is possible, and the high projection device of color purity can be realized.

[0064] Since it is characterized by having arranged the fly eye integrator between a color composition means and a space modulator in a projection device according to claim 10 in



addition to the configuration of claim 9 Lighting with the number of arrays of a fly eye integrator good also on condition that the divisor of the number of laser arrays is possible. Since the high projection device of color purity can be realized and one can be made to communalize a fly eye integrator to further two or more light sources, components mark can be reduced and a small projection device can be realized by low cost.

---

[Translation done.]

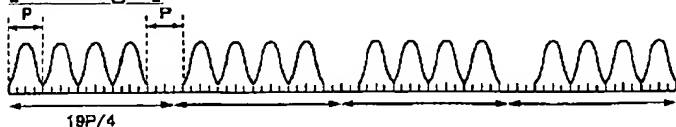
## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

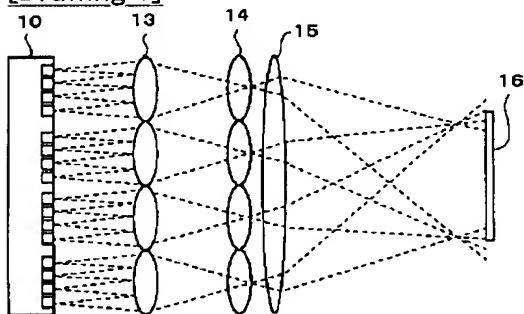
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

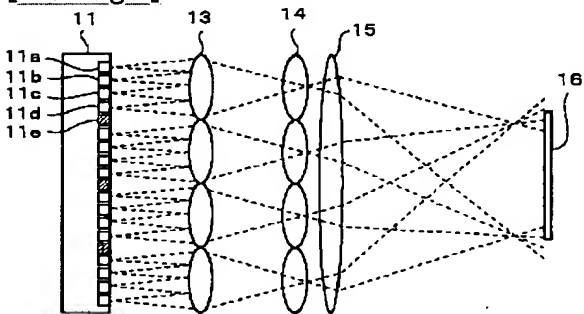
[Drawing 3]



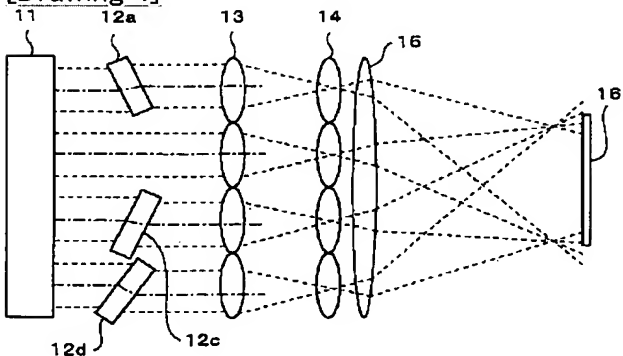
[Drawing 1]



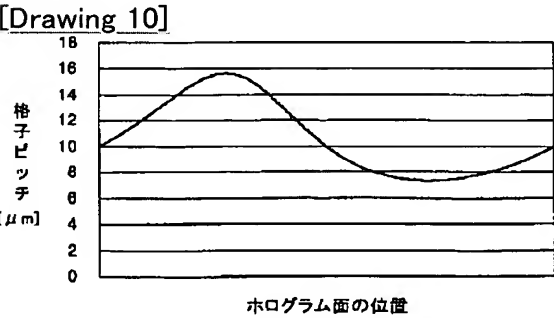
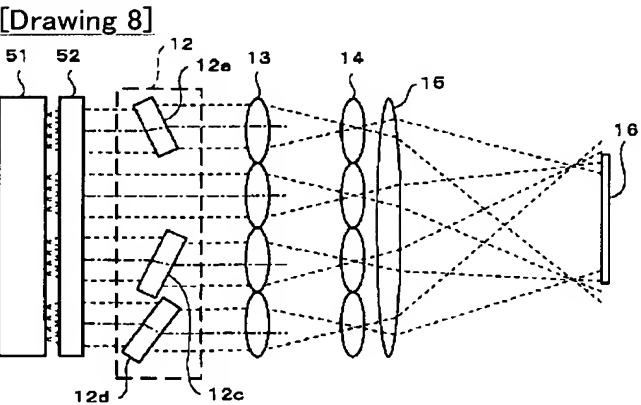
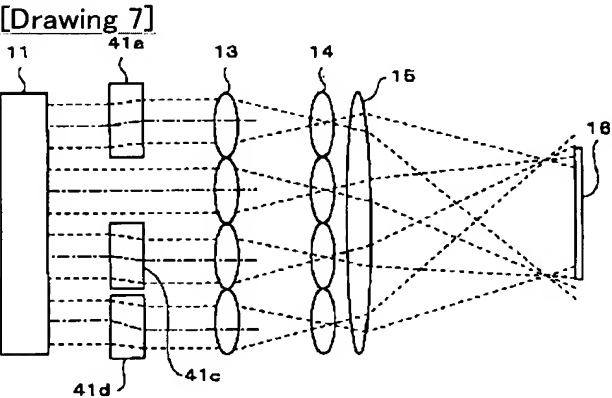
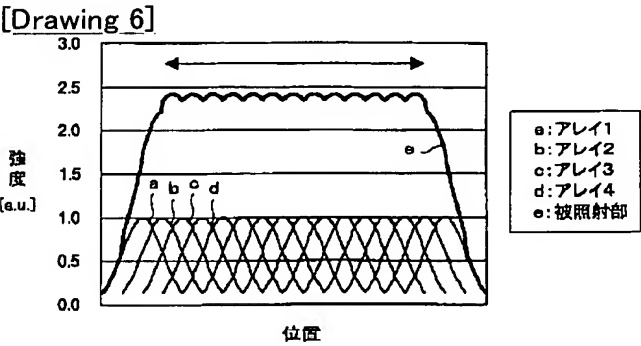
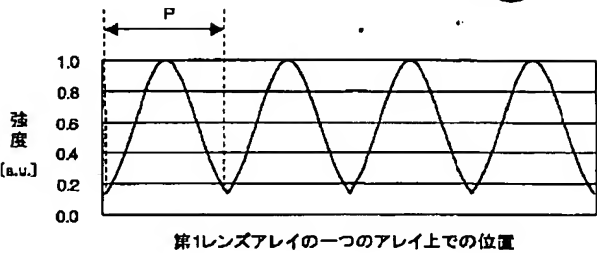
[Drawing 2]



[Drawing 4]

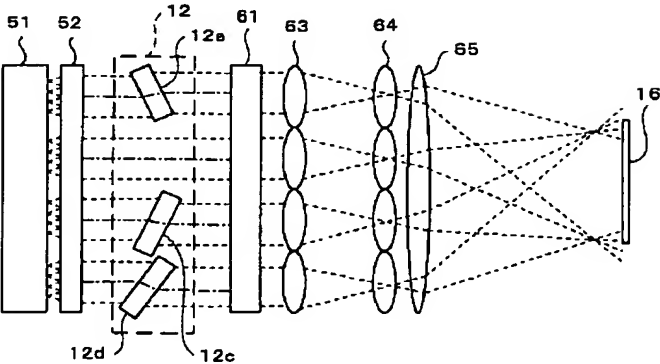


[Drawing 5]

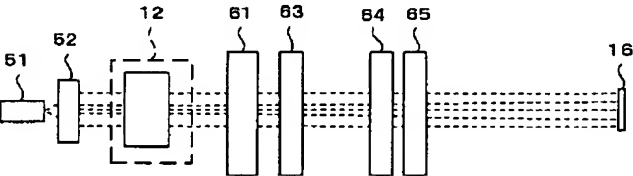


[Drawing 9]

(a)

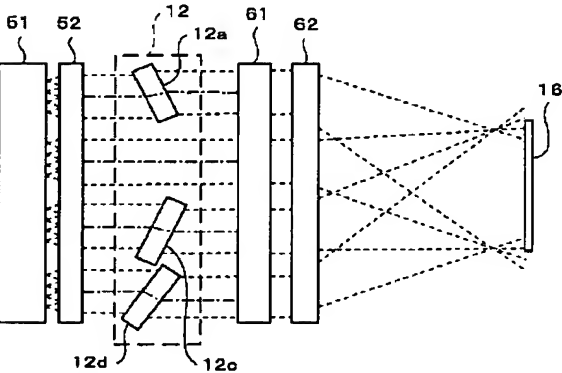


(b)

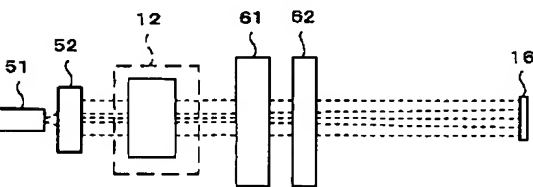


[Drawing 11]

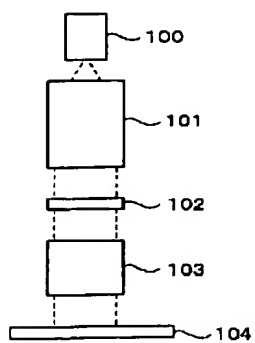
(a)



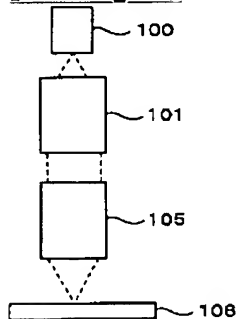
(b)



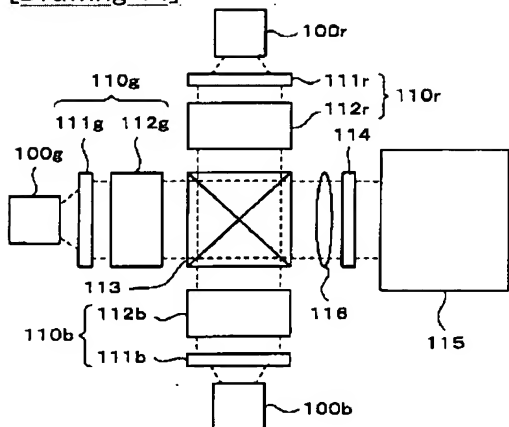
[Drawing 12]



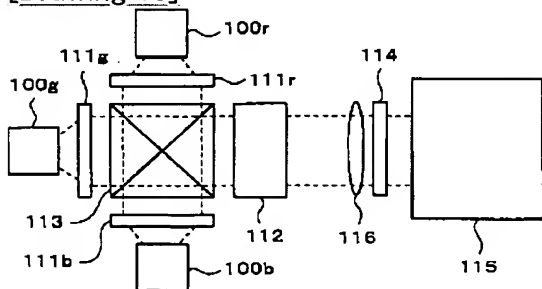
[Drawing 13]



[Drawing 14]



[Drawing 15]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-218017

(P2003-218017A)

(43) 公開日 平成15年7月31日 (2003.7.31)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 2 B 19/00	2 H 0 5 2
G 0 2 B 19/00		G 0 3 B 21/00	E 2 H 0 9 7
	27/00		A 5 F 0 4 6
G 0 3 B 21/00		G 0 3 F 7/20	5 0 1
21/14		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-17060 (P2002-17060)

(22) 出願日 平成14年1月25日 (2002.1.25)

(31) 優先権主張番号 特願2001-351668 (P2001-351668)

(32) 優先日 平成13年11月16日 (2001.11.16)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006747  
株式会社リコー  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 宮垣 一也  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式  
会社リコー内

(72) 発明者 逢坂 敬信  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式  
会社リコー内

(74) 代理人 100067873  
弁理士 樺山 亨 (外1名)

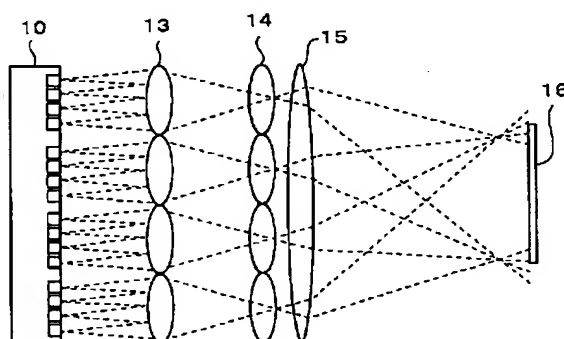
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ照明光学系及びそれを用いた露光装置、レーザ加工装置、投射装置

## (57) 【要約】

【課題】 レーザアレイ光源とフライアイレンズを有し、従来、照度均一化が困難であったフライアイレンズの分割数がレーザアレイ数の約数のときにも、被照射部での照度均一性を高めることができるレーザ照明光学系を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明は、少なくともレーザアレイ光源10と、フライアイレンズ13、14のレーザアレイ方向の分割数がレーザアレイ数の約数であるフライアイインテグレートで構成されるレーザ照明光学系であって、フライアイレンズ13、14の各アレイに入射されるアレイ光のプロファイルの位相が各々異なることを特徴とするので、レーザアレイの周期構造とフライアイレンズの大きさを所定の条件にすることで、フライアイレンズの分割数がレーザアレイ光のアレイ数の約数の条件でも被照射部16での照度の均一化を図ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】少なくともレーザアレイ光源と、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数がレーザアレイ数の約数であるフライアイインテグレータで構成されるレーザ照明光学系であって、前記フライアイレンズの各アレイに入射されるアレイ光のプロファイルの空間的な位相が各々異なることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 2】周期的に配列されたレーザアレイ光源とフライアイレンズインテグレータで構成されるレーザ照明光学系であって、レーザアレイ光源は、周期的に配置された非点灯発光部を備え、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数が点灯させるレーザアレイ数の約数であることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 3】請求項 1 または 2 記載のレーザ照明光学系において、

前記レーザアレイ光源と前記フライアイレンズの間に配置され該フライアイレンズのアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を有することを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 4】レーザアレイ光源と、コリメートレンズアレイと、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数が点灯しているレーザアレイ数の約数であるフライアイインテグレータと、前記コリメートレンズアレイと前記フライアイレンズの間に配置され該フライアイレンズのアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を有することを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 5】請求項 1, 3 または 4 記載のレーザ照明光学系において、

前記フライアイインテグレータは、シリンダリカルレンズアレイとシリンドラールレンズで構成され、レーザアレイに直交方向の光束は、光源とフライアイインテグレータの間に配置される変調ピッチのホログラム素子で均一化されることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 6】請求項 1, 3 または 4 記載のレーザ照明光学系において、

前記フライアイインテグレータは、フライアイレンズに代えて同機能のホログラム素子で構成され、レーザアレイに直交方向の光束は、光源とフライアイインテグレータの間に配置される変調ピッチのホログラム素子で均一化されることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 7】請求項 1～6 のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、投影レンズを備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 8】請求項 1～6 のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、レンズを備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 9】請求項 1～6 のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、色合成手段と、空間変調器と、投射レンズを備えたことを特徴とする投射装置。

【請求項 10】請求項 9 記載の投射装置において、色合成手段と空間変調器の間にフライアイインテグレータを配置したことを特徴とする投射装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザを光源として被照射部における照度を均一化したレーザ照明光学系と、それを用いた露光装置、レーザ加工装置、投射装置に関する。

10 【0002】

【従来の技術】レーザを光源とした投射装置は、レーザの発振スペクトルが狭いために色純度の高い投射が期待される。その一方で、レーザは干渉性が高いため、光束を分割してから合成すると干渉縞が発生することがある。例えば、一本のレーザビームを通常のフライアイレンズ光学系で照度均一化すると、被照射部で干渉縞が見られる。また、例えば特開平 8-94839 号公報に記載のホログラム素子では、レーザビームの一部分を被照射部で重ね合わせており、干渉を小さく抑える構成を開示しているが、上記公報の構成でも干渉縞がなくなるわけではない。

20 【0003】一方、比較的小型で光出力の高いレーザ光源としてレーザアレイ光源（特に半導体レーザアレイ光源）が期待されており、このレーザアレイ光源とフライアイレンズ等を組み合わせることにより被照射部における照度を均一化したレーザ照明光学系を構成することが可能である。また、レーザアレイ光源とフライアイレンズを組み合わせる場合、フライアイレンズの分割数がレーザアレイ数の約数以外の数を選ぶことによって照度の均一化が可能である。

30 【0004】しかしながら、フライアイレンズの分割数としてレーザアレイ数の約数以外の数を選んだ場合、レーザアレイ数によっては、大きい数になってしまうことがあり、設計の自由度が低くなるという不具合があった。すなわち、レーザアレイ光源とフライアイレンズ等を組み合わせる場合、フライアイレンズの分割数として、レーザアレイ数の約数となる分割数で照度の均一化ができれば、レーザ照明光学系の設計の自由度を高くすることができる。

40 【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、レーザアレイ光源とフライアイレンズ等を組み合わせたレーザ照明光学系において、従来、照度均一化が困難であったフライアイレンズの分割数がレーザアレイ数の約数のときに、被照射部での照度均一性を高めることを目的とする。

50 【0006】より詳しくは、請求項 1, 2, 3 に係る発明は、レーザアレイ光源とフライアイレンズを有し、従来、照度均一化が困難であったフライアイレンズの分割数が点灯しているレーザアレイ数の約数のときにも、被

照射部での照度均一性を高めることができるレーザ照明光学系を提供することを目的とする。また、請求項4に係る発明は、半導体レーザアレイ光源とフライアイレンズを有し、従来、照度均一化が困難であったフライアイレンズの分割数が点灯しているレーザアレイ数の約数のときにも、被照射部でレーザアレイ方向の照度均一性を高めることができるレーザ照明光学系を提供することを目的とする。

【0007】さらに請求項5に係る発明は、従来、照度均一化が困難であったフライアイレンズの分割数がレーザアレイ数の約数のときにも、被照射部でレーザアレイ方向の照度均一性を高めることができ、かつ、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への照明性能を向上させることができるレーザ照明光学系を提供することを目的とする。また、請求項6に係る発明は、フライアイレンズに代えてホログラム素子を用い、その分割数がレーザアレイ数の約数のときにも、被照射部でレーザアレイ方向の照度均一性を高めることができ、かつ、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への照明性能を向上させ、さらに、光学系の小型化を図ることができるレーザ照明光学系を提供することを目的とする。

【0008】請求項7に係る発明は、照明光学系の照度が均一で、レチクルなどへの照明性能の良好な露光装置を提供することを目的とする。また、請求項8に係る発明は、照明光学系の照度が均一で、照度均一性が高いレーザ加工装置や、さらには干渉縞がないレーザ加工装置を提供することを目的とする。さらに請求項9に係る発明は、照明光学系の照度が均一で、空間変調器（ライトバルブ）上の照明性能が良好な投射装置、さらには干渉縞が発生しない投射装置を提供することを目的とする。また、請求項10に係る発明は、請求項9の目的に加えて、照明光学系の小型化を図ることができる投射装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1記載のレーザ照明光学系は、少なくともレーザアレイ光源と、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数がレーザアレイ数の約数であるフライアイインテグレートで構成されるレーザ照明光学系であって、前記フライアイレンズの各アレイに入射されるアレイ光のプロファイルの空間的な位相が各々異なることを特徴とするものである。また、請求項2記載のレーザ照明光学系は、周期的に配列されたレーザアレイ光源とフライアイレンズインテグレートで構成されるレーザ照明光学系であって、レーザアレイ光源は、周期的に配置された非点灯発光部を備え、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数が点灯させるレーザアレイ数の約数であることを特徴とするものである。また、請求項3記載のレ

ーザ照明光学系は、請求項1または2の構成に加えて、前記レーザアレイ光源と前記フライアイレンズの間に配置され該フライアイレンズのアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を有することを特徴とするものである。

【0010】請求項4記載のレーザ照明光学系は、半導体レーザアレイ光源と、コリメートレンズアレイと、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数が点灯しているレーザアレイ数の約数であるフライアイインテグレートと、前記コリメートレンズアレイと前記フライアイレンズの間に配置され該フライアイレンズのアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を有することを特徴とするものである。

【0011】請求項5記載のレーザ照明光学系は、請求項1、3または4の構成において、前記フライアイインテグレートはシリンドリカルレンズアレイとシリンダーレンズで構成され、レーザアレイに直交方向の光束は、光源とフライアイインテグレート間に配置される変調ピッチのホログラム素子で均一化されることを特徴とするものである。また、請求項6記載のレーザ照明光学系は、請求項1、3または4の構成において、前記フライアイインテグレートは、フライアイレンズに代えて同機能のホログラム素子で構成され、レーザアレイに直交方向の光束は、光源とフライアイインテグレート間に配置される変調ピッチのホログラム素子で均一化されることを特徴とするものである。

【0012】請求項7記載の露光装置は、請求項1～6のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、投影レンズを備えたことを特徴とするものである。また、請求項8記載のレーザ加工装置は、請求項1～6のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、レンズを備えたことを特徴とするものである。

【0013】請求項9記載の投射装置は、請求項1～6のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、色合成手段と、空間変調器（ライトバルブ）と、投射レンズを備えたことを特徴とするものである。また、請求項10記載の投射装置は、請求項9の構成に加えて、色合成手段と空間変調器の間にフライアイインテグレートを配置したことを特徴とするものである。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るレーザ照明光学系及びそれを用いた露光装置、レーザ加工装置、投射装置の構成、動作及び作用を、図示の実施例に基づいて詳細に説明する。

【0015】（実施例1）まず、請求項1に係る発明の実施例について説明する。図1は請求項1に係る発明の一実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。このレーザ照明光学系は、複数の発光部がアレイ状に配列されたレーザアレイ光源10と、第1フライアイレンズ13と第2フライアイレンズ14及びコンデンサ

10

20

30

40

50



レンズ15からなりフライアイレンズ13、14のレーザアレイ方向の分割数がレーザアレイ数の約数であるフライアイインテグレートとで構成されており、レーザアレイ光源10から発振された複数のレーザビームをフライアイインテグレート13～15を介して被照射部16を照明する。この被照射部16は均一化された光束が照射される部分であり、露光装置では露光用マスク（レチクル）が、投射装置では空間光変調器（所謂ライトバルブ）がこの被照射部に該当する。

【0016】レーザアレイ光源10には、半導体レーザ等のレーザ発振部（発光部）がアレイ状に配列されたタイプのものやストライプ型のレーザなどを好適に用いることができる。フライアイインテグレートを構成する第1フライアイレンズ13、第2フライアイレンズ14は、レーザアレイの方向と同方向にアレイ状に球面や円筒状レンズを配置してなるもので、例えばシリンジカルレンズアレイからなり、第1フライアイレンズ13は入射光束をレンズアレイ数の光束に分割し、かつ第2フライアイレンズ14の各レンズに集光させる働きをする。第2フライアイレンズ14は第1フライアイレンズで集光した像を屈折させ、できるだけ被照射部16上に光束を集める働きをする。

【0017】フライアイインテグレートの第2フライアイレンズ14の出射側光路上に配置されたコンデンサレンズ15は例えばシリンジカルレンズからなり、このコンデンサレンズ15は、所定の位置に配されている被照射部16をより均一に照明するために設けられているもので、第2フライアイレンズ14からの出射光を被照射部16に集光することにより、光の利用効率を高くすることができ、かつ照度ムラをなくして均一性を向上させることができるようにしたものである。すなわち、第1、第2のフライアイレンズ13、14によってレンズアレイ方向の光強度が均一化されているが、コンデンサレンズ15が無い場合には、被照射部16を照明しないアレイ光が生じるとともに、被照射部16におけるアレイ光の重なりかたによっては、照度ムラが生じる可能性があるが、本実施例においては、コンデンサレンズ（シリンジカルレンズ）15によって、第1、第2のフライアイレンズ13、14のレンズアレイ方向（レーザアレイ方向）の光束を被照射部16に集光するように設定することにより、被照射部16における均一照明を実現している。

【0018】本実施例では、上記フライアイインテグレートを構成するフライアイレンズ13、14のレーザアレイ方向の分割数は、レーザアレイ光源10のレーザ発振部（発光部）のアレイ数の約数である。図1の例ではレーザアレイ数を16、フライアイレンズ13、14のレーザアレイ方向の分割数を4としている。尚、これは一例であって、約数の関係が成り立てばその他の組合せでもよい。また、本実施例では、フライアイレンズ1

3、14の各アレイ（各レンズ部）に入射されるレーザアレイ光のプロファイルの空間的な位相が各々異なることを特徴としている。

【0019】ここで、レーザアレイ光源10の各発光部の配置とフライアイレンズ13、14の関係を図3を使って説明する。図3は図1に示すレーザ照明光学系の第1フライアイレンズ13に入射されるレーザアレイ光のプロファイルを示している。レーザアレイ光源10の各発光部からのレーザ光はガウシアンプロファイルでビームの直径がPで4個ずつ周期的に配置され、Pだけ隙間があって次の4個が配置される。別の表現をすれば、5Pの周期の中で4個のレーザプロファイルがあることになる。従って第1フライアイレンズ13の各アレイ（各レンズ部）の長さは $19P/4$ とする。このような構成によって、第1フライアイレンズ13に入射するレーザ光のプロファイルは $P/4$ ずつ位相がずれることになる。第1フライアイレンズ13と被照射部16は共役の関係にあるため、被照射部16でも $P/4$ ずつ位相がずれてガウシアンプロファイルアレイが加算される。フライアイレンズの4分割された各アレイ（各レンズ部）を通過したレーザアレイ光（アレイ1～4）の強度分布と被照射部16上で加算された強度分布は図6のようになり、被照射部16上の照明強度が均一化される。

【0020】（実施例2）次に請求項2に係る発明の実施例について説明する。図2は請求項2に係る発明の一実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。このレーザ照明光学系は、複数の発光部がアレイ状に配列されたレーザアレイ光源11と、第1フライアイレンズ13と第2フライアイレンズ14及びコンデンサレンズ15からなる。ただし、レーザアレイ光源11は、実施例1とは異なり、隣接レーザとの間隔がすべて同じであるが、周期的に点灯させない発光部があるように駆動する。すなわち、レーザアレイ光源11は、周期的に配置された非点灯発光部を備えている。図2では一例としてレーザアレイ光源11の5個の発光部11a～11eを一組として、その中の1つの発光部11eを非点灯としている。フライアイレンズ13、14は、レーザアレイ方向の分割数が点灯させるレーザアレイ数の約数となるように構成されており、レーザアレイ光源11から発振された複数のレーザビームをフライアイインテグレート13～15を介して被照射部16を照明する。この被照射部16は均一化された光束が照射される部分であり、露光装置では露光用マスク（レチクル）が、投射装置では空間光変調器（所謂ライトバルブ）がこの被照射部に該当する。レーザアレイ光源11には、レーザ等のレーザ発振部（発光部）がアレイ状に配列されたタイプのものやストライプ型のレーザなどを好適に用いることができる。フライアイインテグレートの働きは実施例1で説明した通りであるので説明を省略する。

【0021】本実施例では、レーザアレイ光源11の点

灯させたレーザ光はガウシアンプロファイルでビームの直径がPで4個ずつ周期的に配置され、Pだけ隙間があって次の4個が配置される。別の表現をすれば、5Pの周期の中で4個のレーザプロファイルがあることになる。従って、図3に示すように、第1フライアイレンズ13の各アレイ（各レンズ部）の長さは19P/4とする。このような構成によって、第1フライアイレンズ13に入射するレーザ光のプロファイルはP/4ずつ位相がずれることになる。第1フライアイレンズ13と被照射部16は共役の関係にあるため、被照射部16でもP/4ずつ位相がずれてガウシアンプロファイルアレイが加算される。フライアイレンズの4分割された各アレイ（各レンズ部）を通過したレーザアレイ光（アレイ1～4）の強度分布と被照射部16上で加算された強度分布は図6のようになり、被照射部16上の照明強度が均一化される。

【0022】（実施例3）次に請求項3に係る発明の実施例について説明する。図4は請求項3に係る発明の第1の実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。このレーザ照明光学系は、レーザアレイ光源11と、複数の平行平板12a、12c、12dと、フライアイインテグレータ13、14、15で構成されており、16は被照射部を示している。すなわち、図4に示す構成は、図1の構成に加えて、レーザアレイ光源11とフライアイインテグレータ13、14、15の間に透明部材からなる複数の平行平板12a、12c、12dを配置し、複数の平行平板12a、12c、12dでフライアイレンズ13、14のアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を構成したものである。尚、フライアイインテグレータ13、14、15の構成及び機能（動作）は実施例1と同様である。

【0023】本実施例では、動作説明のためにレーザアレイ光源11のレーザアレイ数を実施例1（図1）と同様に16個、第1、第2フライアイレンズ13、14のレーザアレイ方向の分割数を4とする。通常のフライアイインテグレータで構成すると第1フライアイレンズ13の一つのアレイ（レンズ部）には図5に示すようなプロファイル（強度分布）の4個のレーザアレイ光が入射される。第1フライアイレンズ13の全てのアレイ（レンズ部）には図5と同じプロファイルの光が入射されるため、被照射部16では図5のプロファイルが4つ同様に積算されることになり、照度ムラが発生する。

【0024】そこで本実施例では、図4に示すようにレーザアレイ光源11と第1フライアイレンズ13の間に複数の平行平板12a、12c、12dを配置し、フライアイレンズ13のアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を設けている。この変位手段を構成する各々の平行平板12a、12c、12dは所定の傾斜角で配置され、所定の厚さを持つも

のとする。例えば、レーザアレイ光の一本のビーム径Pが1mmとすると、フライアイレンズ13の分割数は4であるので、平行平板12a、12c、12dによる光の変位量は $1/4=0.25$  [mm] ずつとする。具体例としては、下記の表1に示すような傾斜角と厚さの平行平板12a、12c、12dを配置させる。ただし、平行平板12a、12c、12dの屈折率は1.52とした。

【0025】

10 表1

平行平板	12a	12c	12d
傾斜角[°]	20	-20	-20
厚さ[mm]	2	2	4
変位量[mm]	0.25	-0.25	-0.50

【0026】尚、表1では平行平板12a、12c、12dの傾斜方向と厚さで変位量を決めているが、下記の表2のように平行平板12a、12c、12dの厚さを同じにして傾斜角を各々変えても良い。

【0027】

20 表2

平行平板	12a	12c	12d
傾斜角[°]	20	-20	-36
厚さ[mm]	2	2	2
変位量[mm]	0.25	-0.25	-0.50

【0028】表1または表2に示す傾斜角と厚さの平行平板12a、12c、12dを用いて、レーザアレイ光の光路を変位させ、フライアイインテグレータ13、14、15で被照射部16を照明すると図6のような強度分布が得られる。すなわち第1フライアイレンズ13の各アレイ（各レンズ部）への入射光プロファイルは図6のアレイ1～アレイ4に示すような位相がずれた強度分布となるため、被照射部16で積算されると照度が均一化される。ただし、合成された光の周辺部は均一では無いため図6の矢印で示す領域が被照射部となるように設計することで均一性を確保できる。

【0029】次に図7は請求項3に係る発明の第2の実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。このレーザ照明光学系は、レーザアレイ光源11と、複数のホログラム素子41a、41c、41dと、フライアイインテグレータ13、14、15で構成されており、16は被照射部を示している。すなわち、図7に示す構成は、図4の構成の平行平板の代わりに、レーザアレイ光源11とフライアイインテグレータ13、14、15の間に複数のホログラム素子41a、41c、41dを配置し、複数のホログラム素子41a、41c、41dでフライアイレンズ13、14のアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を構成したものである。尚、その他の構成は図4と同様である。

50 【0030】ホログラム素子41a、41c、41d

は、例えば透明な平行平板の表裏にレリーフ型ホログラムを作製し、表側で回折された光を裏側のホログラムで再度回折させる構成である。また、ホログラム素子 41a, 41c, 41d への入射光軸と出射光軸が平行となるようにし、変位量は第 1 の実施例で示した値と同じとする。この第 2 の実施例の構成でも、被照射部 16 での照度分布は図 6 のようになり、照度が均一化される。本実施例でホログラム素子 41a, 41c, 41d は表裏にホログラムが設置されているが、入射光軸と出射光軸は平行にしなくても本発明の効果は得られる。従って、ホログラム素子は表裏のうちどちらか一方にホログラムを作製しても良い。

【0031】（実施例 4）次に請求項 4 に係る発明の実施例について説明する。図 8 は請求項 4 に係る発明の一実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。このレーザ照明光学系は、レーザ発光部がアレイ状に配列されたレーザアレイ光源 51（例えば半導体レーザアレイ光源）と、コリメートレンズアレイ 52 と、フライアイレンズのアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段 12 と、フライアイ

インテグレート 13, 14, 15 で構成されており、16 は被照射部である。

【0032】フライアイインテグレート 13, 14, 15 の構成及び機能（動作）は実施例 1 と同様である。変位手段 12 は、一例として、実施例 3 の第 1 実施例と同様に複数の平行平板 12a, 12c, 12d を用いた場合を図示しているが、その他にも、実施例 3 の第 2 実施例と同様の複数のホログラム素子を用いた変位手段であっても良い。レーザアレイ光源 51 から出射される各レーザ光は全角で 10°～30° 程度の広がり角で発散される。コリメートレンズアレイ 52 はこれらの発散ビームを平行光束化させるように機能する。すなわちコリメートレンズアレイ 52 は、レーザアレイ光源 51 の発光部のアレイピッチと同じピッチでレンズがアレイ化されており、レーザアレイ光源 51 の各々の発光部から発散されるレーザ光を、各々対応するレンズでコリメートして平行光束化させる。コリメートレンズアレイ 52 で平行光束化されたレーザビームは変位手段 12 によって所定のビームが所定の距離だけ変位される。

【0033】仮に、レーザアレイ光源 51 のアレイ数が 16 で、第 1、第 2 フライアイレンズ 13, 14 の光源アレイ方向に沿った分割数が 4 の場合には、第 1 フライアイレンズ 13 の各アレイに図 5 と同様な 4 個のガウシアンプロファイルのアレイ光が入射される。従ってこのときの変位手段 12（例えば複数の平行平板 12a, 12c, 12d）による変位量は前述の表 1 または表 2 のようになり、実施例 3 で述べたように、第 1 フライアイレンズ 13 の各アレイ（各レンズ部）への入射光プロファイルは図 6 のアレイ 1～アレイ 4 に示すような位相がずれた強度分布となるため、被照射部 16 で積算される

と照度が均一化される。このように、光源 51 をレーザアレイとしても、コリメートレンズアレイ 52 と変位手段 12 を用いることによって、フライアイレンズ 13, 14 の分割数が光源のアレイ数の約数であるという条件でも、被照射部 16 上での照度の均一化が可能である。

【0034】（実施例 5）次に請求項 5 に係る発明の実施例について説明する。図 9 は請求項 5 に係る発明の一実施例を示す図であって、(a) はレーザ照明光学系の概略平面構成図、(b) はレーザ照明光学系の概略側面構成図である。このレーザ照明光学系は、レーザ発光部がアレイ状に配列されたレーザアレイ光源 51（例えば半導体レーザアレイ光源）と、コリメートレンズアレイ 52 と、レーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段 12 と、レーザアレイに直交方向の光束を均一化させるホログラム素子 61 と、フライアイインテグレート 63, 64, 65 で構成されており、16 は被照射部である。尚、図 9 (a), (b) にはコリメートレンズアレイ 52 があるが、光源の広がり角が小さければ必ずしも必要ではない。また、変位手段 12 は、一例として、実施例 3 の第 1 実施例と同様の複数の平行平板 12a, 12c, 12d を用いた場合を図示しているが、その他にも、実施例 3 の第 2 実施例と同様のホログラム素子を用いることも可能である。

【0035】本実施例のフライアイインテグレートはフライアイレンズ 63, 64 とコンデンサレンズ 65 からなり、実施例 1 と同様にシンドリカルレンズ系で構成されており機能も同様のものである。すなわち、第 1 及び第 2 のフライアイレンズ 63, 64 はシンドリカルレンズアレイであり、コンデンサレンズ 65 はシンドリカルレンズである。そして図 9 (a) の紙面内に平行な光束がフライアイインテグレートで均一化され、被照射部 16 が均一照明される。図 9 (a) の紙面内の動作は実施例 4 で述べた動作と同様であり、第 1 フライアイレンズ 63 に入射されるレーザアレイ光が変位手段 12 によって所定の距離だけ変位され、被照射部 16 に照射されるプロファイルの位相が適宜ずれるため、照度が均一化される。

【0036】次にレーザアレイに直交方向の光束を均一化させるホログラム素子 61 について述べる。ホログラム素子 61 は、透過型振幅格子、透過型位相格子または透過型ブレース格子等により構成され、それぞれフォトレジストに干渉縞を焼き付けたり、機械的にダイヤモンドカッターでガラス板等の基板表面に溝を刻線する等して作製することができる。このホログラム素子 61 は、レーザアレイ光源 51 から発散されるレーザ光束のうち、一方向（格子溝のピッチ方向）のみの強度分布を格子によって変換させる働きを有する。本実施例では、ホログラム素子 61 の格子方向は図 9 (a) の紙面に平行で、格子ピッチはホログラム素子面内で異なっているの

に機能する。このホログラム素子 61 の変調ピッチは、一例として図 10 に示すような格子ピッチで実現される。このような変調ピッチにガウシアンプロファイルのレーザビームが入射されると、光束の中心付近が広がり、ビームの周辺が圧縮されて均一化強度になる。図 9 (b) では光束の強度の強い光線は間隔を狭めて表しており、ホログラム素子 61 によってレーザアレイ光源 51 のレーザアレイに直交する方向の光線の方向が変わり、被照射部 16 で均一な照度が得られる。尚、フライアイインテグレート 63、64、65 はシリンドリカルレンズ系で構成されているので、図 9 (b) のように、照明光学系の側面側からフライアイインテグレートを見ると単なる平板にすぎず、レーザアレイ光源 51 のレーザアレイに直交する方向の屈折作用は無い。

【0037】ホログラム素子 61 によるレーザアレイに直交方向の光束の照度均一化の過程では、フライアイインテグレート 63、64、65 を用いて光束を分割し被照射部 16 で重ね合わせるといった場合にも干渉縞発生は起こらない。すなわち、ホログラム素子 61 により光束の密度（照度）を連続的に変えていくため干渉縞が出ない。このため、被照射部 16 の照度均一性は良好となる。尚、図 9 (a) においては、フライアイインテグレート 63、64、65 を用いた光学系であるが、被照射部 16 で重ね合わされる光どうしはレーザアレイ光源 51 の別々の光共振部（レーザ発光部）から出射した光であるため干渉しない。

【0038】（実施例 6）次に請求項 6 に係る発明の実施例について説明する。図 11 は請求項 6 に係る発明の実施例を示す図であって、(a) はレーザ照明光学系の概略平面構成図、(b) はレーザ照明光学系の概略側面構成図である。このレーザ照明光学系は、レーザ発光部がアレイ状に配列されたレーザアレイ光源 51（例えば半導体レーザアレイ光源）と、コリメートレンズアレイ 52 と、レーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段 12 と、レーザアレイに直交方向の光束を均一化させるホログラム素子 61 と、フライアイインテグレート機能を有するホログラム素子 62 で構成されており、16 は被照射部である。

【0039】本実施例のレーザ照明光学系は、図 9 に示した構成のレーザ照明光学系のフライアイインテグレート（フライアイレンズとコンデンサレンズ）に代えて、該フライアイインテグレートと同じ機能を持つホログラム素子 62 を用いたものであり、その他のレーザアレイ光源 51、コリメートレンズアレイ 52、変位手段 12、ホログラム素子 61 の構成、動作は実施例 5 と同様であるので、これらの説明は省略する。

【0040】フライアイインテグレートとしてのホログラム素子 62 は、図 9 (a) に示したフライアイレンズ系と同じ機能を持つので、図 11 (a) に示すように例えば 16 個の発光部を有するレーザアレイ光源 51 に対

してアレイ方向に 4 分割して用いるものとするなら、各領域からの回折光は被照射部 16 の全面を照らすように偏向され、かつ、拡大（場合によっては縮小）される。また、図 9 に示したようなフライアイレンズ系に比べれば、少なくともフライアイレンズ間隔（第 1 フライアイレンズ 63 から第 2 フライアイレンズ 64 までの間隔）を縮めることができる。このため、光学系を小型にすることができる。

【0041】（実施例 7）次に請求項 7 に係る発明の実施例について説明する。図 12 は請求項 7 に係る発明の一実施例を示す露光装置の概略構成図であり、図中の符号 100 はレーザアレイ光源（または半導体レーザアレイ光源）、101 は実施例 1～6（請求項 1～請求項 6）のうちのいずれか一つに記載の構成を用いたレーザ照明光学系、102 は被照射部であるレチクル、103 は投影レンズ、104 は基板ステージである。

【0042】本実施例の露光装置では、レーザアレイ光源 100 からのレーザアレイ光は、実施例 1～6（請求項 1～請求項 6）のうちのいずれか一つに記載の構成を用いたレーザ照明光学系 101 によって被照射部であるレチクル 102 上で均一放射照度となる。レチクル 102 は半導体デバイスの製作工程でウエハー上に回路パターンを露光するために使用される露光用マスクのことであり、レチクル 102 のパターンは投影レンズ 103 によって基板ステージ 104 上に置かれたウエハーに露光される。また、基板ステージ 104 で露光位置を調整し、ウエハーの所望の位置を露光する。

【0043】尚、レーザ照明光学系 101 として、実施例 1～4（請求項 1～4）のうちのいずれか一つで説明した構成のレーザ照明光学系を用いた場合には、レチクル面上で均一照明が可能であり、また、実施例 5、6（請求項 5、6）で説明したレーザ照明光学系を用いた場合には、レーザアレイ光源 100 のアレイ直交方向の光束を変調ピッチのホログラム素子で均一化させるため、レチクル面上で干渉縞のでない均一照明で露光を行うことができる。従って、照明性能がよく高性能な露光装置を実現することができる。

【0044】（実施例 8）次に請求項 8 に係る発明の実施例について説明する。図 13 は請求項 8 に係る発明の一実施例を示すレーザ加工装置の概略構成図であり、図中の符号 100 はレーザアレイ光源（または半導体レーザアレイ光源）、101 は実施例 1～6（請求項 1～請求項 6）のうちのいずれか一つに記載の構成を用いたレーザ照明光学系、105 はレンズ、106 はワークである。

【0045】本実施例のレーザ加工装置では、レーザアレイ光源 100 からのレーザ光を実施例 1～6（請求項 1～請求項 6）のうちのいずれか一つに記載のレーザ照明光学系で均一ビームに変換し、レンズ 105 でワーク 106 に縮小または拡大して照射される。集光スポット

ではワーク106の表面加工や切断加工ができる。また、レンズ105を投影レンズに置きかえるか、もしくは被照射部を直接ワークとする配置では、ワーク106の広い範囲にわたって均一照明できるため、レーザアニールとしても利用できる。

【0046】尚、レーザ照明光学系101として、実施例1～4（請求項1～4）のうちのいずれか一つで説明した構成のレーザ照明光学系を用いた場合には、ワーク上で均一照明でき、また、実施例5、6（請求項5、6）で説明したレーザ照明光学系を用いた場合には、レーザアレイ光源100のアレイ直交方向の光束を変調ビッチのホログラム素子で均一化させるため、ワーク上で干渉縞が発生しない。このため、良好なレーザ加工やレーザアニールを行うことができる。

【0047】（実施例9）次に請求項9に係る発明の実施例について説明する。図14は請求項9に係る発明の一実施例を示す投射装置の概略構成図である。本実施例の投射装置は、レーザアレイ光源100r、100g、100bと、実施例1～6（請求項1～請求項6）のうちのいずれか一つに記載の構成を用いたレーザ照明光学系110r、110g、110bと、色合成手段113と、空間変調器（ライトバルブ）114と、投射レンズ115で構成されている。また、符号116はフィールドレンズで、ライトバルブ114からの画像光を効率良く投射レンズ瞳に入れるために用いるが、必ずしも必要ではない。尚、色合成手段113としてはダイクロイックプリズムやダイクロイックミラーを用いることができる。

【0048】本実施例では、レーザ照明光学系110r、110g、110bは、例えばホログラム素子111r、111g、111bとフライアイインテグレータ112r、112g、112bで構成されている。すなわち本実施例では、実施例5（または実施例6）で述べたような変調ビッチのホログラム素子111r、111g、111bでレーザアレイ光源100r、100g、100bのアレイ直交方向の強度分布を変換し、アレイ方向はフライアイインテグレータ（フライアイレンズとコンデンサレンズ、あるいはフライアイインテグレータの機能を持つホログラム素子）112r、112g、112bで照度均一化させる。このレーザ照明光学系110r、110g、110bを使えば被照射部であるライトバルブ114面で干渉縞が発生しない。また、光源100r、100g、100bとホログラム素子111r、111g、111bの間にコリメートレンズアレイを用いても良い。また、ホログラム素子111r、111g、111bを使用せず、フライアイインテグレータ112r、112g、112bでレーザアレイ光源100r、100g、100bのアレイ方向とアレイ直交方向とを均一化させても良い。

【0049】レーザ照明光学系110r、110g、1

10bからの光束は色合成手段113に入射し、色合成手段113で赤（R）、緑（G）、青（B）の3色のレーザ光が合成される。この3色の合成光でライトバルブ114が照明され、ライトバルブ114で空間変調された画像は投射レンズ115でスクリーン（図示を省略）に投影される。ライトバルブ114としては例えば液晶素子を用いることができる。また、図14では透過型のライトバルブを図示しているが、反射型のライトバルブを用いて照明光と投射光を偏光ビームスプリッターで分岐するように構成しても良い。

【0050】また、本実施例では単板のライトバルブ114を使っているが、3つのライトバルブを使うようにしても良い。図示しないが、3板式の場合には、一つのレーザアレイ光源とレーザ照明光学系の被照射部にライトバルブを配置し、3つのライトバルブからの画像光を色合成手段（例えばダイクロイックプリズム）で合成して投射レンズでスクリーンに投影させる。

【0051】本実施例の投射装置では、光源がレーザアレイ光源であるため、個々のレーザパワーが小さくてもアレイ数を多くすることにより高出力にできる。また、本実施例のように、レーザアレイ光源のレーザアレイ直交方向の光束を変調ビッチのホログラム素子111r、111g、111bで強度分布を変換させる場合、ライトバルブ114上で干渉縞の発生しない均一照明ができるため、明るくて表示品質の高い投射装置を実現することができる。

【0052】（実施例10）次に請求項10に係る発明の実施例について説明する。図15は請求項10に係る発明の一実施例を示す投射装置の概略構成図である。本実施例の投射装置は、レーザアレイ光源100r、100g、100bと、実施例1～6（請求項1～請求項6）のうちのいずれか一つに記載の構成を用いたレーザ照明光学系（ホログラム素子111r、111g、111b、フライアイインテグレータ112）と、色合成手段113と、ライトバルブ114と、投射レンズ115で構成されている。また、符号116はフィールドレンズで、ライトバルブ114からの画像光を効率良く投射レンズ瞳に入れるために用いるが、必ずしも必要ではない。尚、色合成手段113としては、ダイクロイックプリズムやダイクロイックミラーを用いることができる。

【0053】本実施例では、レーザ照明光学系は、3つのホログラム素子111r、111g、111bと一つのフライアイインテグレータ（例えばフライアイレンズ系、あるいはフライアイレンズ系の機能を有するホログラム素子）112からなるが、フライアイインテグレータ112は、色合成手段113で赤（R）、緑（G）、青（B）の3色のレーザ光を合成した後の光路に配置している。本実施例の構成によって、フライアイインテグレータ112が1組で足りるため装置の部品点数を減らすことができ、装置も小型にすることができる。

【0054】本実施例の投射装置では、光源がレーザアレイ光源であるため、個々のレーザパワーが小さくてもアレイ数を多くすることにより高出力にできる。また、本実施例のように、レーザアレイ光源のレーザアレイ直交方向の光束を変調ピッチのホログラム素子 111r、111g、111b で強度分布を変換させる場合、ライトバルブ上で干渉縞の発生しない均一照明ができるため、明るくて表示品質の高い投射装置を実現することができる。さらに、本実施例では、フライアイインテグレート 112 を共通化させたため、部品点数が少なくなり、低コストで小型の投射装置を実現することができる。

【0055】

【発明の効果】以上説明したように、請求項 1 記載のレーザ照明光学系では、少なくともレーザアレイ光源と、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数がレーザアレイ数の約数であるフライアイインテグレートで構成されるレーザ照明光学系であって、前記フライアイレンズの各アレイに入射されるアレイ光のプロファイルの空間的な位相が各々異なることを特徴とするので、レーザアレイの周期構造とフライアイレンズの大きさを所定の条件にすることで、フライアイレンズの分割数がレーザアレイ光のアレイ数の約数の条件でも、被照射部での照度の均一化を図ることができる。

【0056】請求項 2 記載のレーザ照明光学系では、周期的に配列されたレーザアレイ光源とフライアイレンズインテグレートで構成されるレーザ照明光学系であって、レーザアレイ光源は、周期的に配置された非点灯発光部を備え、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数が点灯させるレーザアレイ数の約数であることにより、フライアイレンズの分割数がレーザアレイ光のアレイ数の約数の条件でも、被照射部での照度の均一化を図ることができる。

【0057】請求項 3 記載のレーザ照明光学系では、請求項 1 または 2 の構成に加えて、前記レーザアレイ光源と前記フライアイレンズの間に配置され該フライアイレンズのアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を有することを特徴とするので、フライアイレンズに入射されるレーザアレイ光を変位手段で変位させることにより、フライアイレンズの分割数がレーザアレイ光のアレイ数の約数の条件でも、被照射部での照度の均一化を図ることができる。

【0058】請求項 4 記載のレーザ照明光学系では、レーザアレイ光源と、コリメートレンズアレイと、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数が点灯しているレーザアレイ数の約数であるフライアイインテグレートと、前記コリメートレンズアレイと前記フライアイレンズの間に配置され該フライアイレンズのアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を有することを特徴とするので、フライアイレンズに

入射されるレーザアレイ光を変位手段で変位させることにより、レーザアレイを用い且つフライアイレンズの分割数がレーザアレイ光のアレイ数の約数の条件でも、被照射部での照度の均一化を図ることができる。

【0059】請求項 5 記載のレーザ照明光学系では、請求項 1、3 または 4 の構成において、前記フライアイインテグレートはシリンドリカルレンズアレイとシリンドラールレンズで構成され、レーザアレイに直交方向の光束は、光源とフライアイインテグレートの間に配置される変調ピッチのホログラム素子で均一化されることを特徴とするので、フライアイレンズに入射されるレーザアレイ光を変位させることで、フライアイレンズの分割数がレーザアレイ光のアレイ数の約数の条件でも、レーザアレイ方向の光束成分の照度を均一化ができ、レーザアレイに垂直方向は変調ピッチのホログラム素子で照度分布を変換し均一化を図るため、被照射部で干渉縞が出ず良好な照明が可能になる。

【0060】請求項 6 記載のレーザ照明光学系では、請求項 1、3 または 4 の構成において、前記フライアイインテグレートは、フライアイレンズに代えて同機能のホログラム素子で構成され、レーザアレイに直交方向の光束は、光源とフライアイインテグレートの間に配置される変調ピッチのホログラム素子で均一化されることを特徴とするので、請求項 5 と同様の効果が得られると共に、レーザアレイ方向の照度均一化と、アレイ直交方向の照度均一化を測る素子の両方をホログラム素子で構成するので、照明光学系を小さくすることが可能になる。

【0061】請求項 7 記載の露光装置では、請求項 1 ～ 6 のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、投影レンズを備えたことを特徴とするので、フライアイインテグレートのアレイ数がレーザアレイ数の約数の条件でも良好な照明が可能な露光装置を実現することができる。

【0062】請求項 8 記載のレーザ加工装置では、請求項 1 ～ 6 のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、レンズを備えたことを特徴とするので、フライアイインテグレートのアレイ数がレーザアレイ数の約数の条件でも良好な照明が可能なレーザ加工装置を実現することができる。

【0063】請求項 9 記載の投射装置では、請求項 1 ～ 6 のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、色合成手段と、空間変調器（ライトバルブ）と、投射レンズを備えたことを特徴とするので、フライアイインテグレートのアレイ数がレーザアレイ数の約数の条件でも良好な照明が可能で、色純度の高い投射装置を実現することができる。

【0064】請求項 10 記載の投射装置では、請求項 9 の構成に加えて、色合成手段と空間変調器の間にフライアイインテグレートを配置したことを特徴とするので、フライアイインテグレートのアレイ数がレーザアレイ数の約数の条件でも良好な照明が可能で、色純度の高い投

射装置を実現でき、さらに、複数の光源に対してフライアイインテグレータを一つに共通化させることができるので、部品点数を減らすことができ、低コストで小型な投射装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】請求項 1 に係る発明の一実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。

【図 2】請求項 2 に係る発明の一実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。

【図 3】図 1 および図 2 に示すレーザ照明光学系の第 1 フライアイレンズに入射されるレーザアレイ光のプロファイルを示す図である。

【図 4】請求項 3 に係る発明の第 1 の実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。

【図 5】図 4 に示すレーザ照明光学系の第 1 フライアイレンズの一つのアレイ（レンズ部）に入射されるレーザアレイ光のプロファイルを示す図である。

【図 6】図 1、図 2 または図 4 に示すレーザ照明光学系のフライアイレンズの 4 分割された各アレイ（各レンズ部）を通過したレーザアレイ光（アレイ 1～4）の強度分布と被照射部 16 上で加算された強度分布を示す図である。

【図 7】請求項 3 に係る発明の第 2 の実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。

【図 8】請求項 4 に係る発明の一実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。

【図 9】請求項 5 に係る発明の一実施例を示す図であって、（a）はレーザ照明光学系の概略平面構成図、

（b）はレーザ照明光学系の概略側面構成図である。

【図 10】図 9 に示すレーザ照明光学系に用いられるホログラム素子のホログラム面の位置と格子ピッチの関係を示す図である。

【図 11】請求項 6 に係る発明の一実施例を示す図であって、（a）はレーザ照明光学系の概略平面構成図、

（b）はレーザ照明光学系の概略側面構成図である。

【図 12】請求項 7 に係る発明の一実施例を示す露光装置の概略構成図である。

【図 13】請求項 8 に係る発明の一実施例を示すレーザ加工装置の概略構成図である。

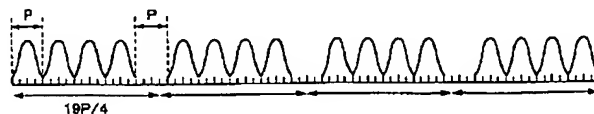
【図 14】請求項 9 に係る発明の一実施例を示す投射装置の概略構成図である。

\*【図 15】請求項 10 に係る発明の一実施例を示す投射装置の概略構成図である。

【符号の説明】

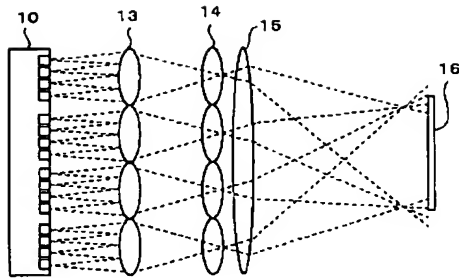
- 10, 11 : レーザアレイ光源
- 12 : 変位手段
- 12 a, 12 c, 12 d : 変位手段を構成する平行平板
- 13 : 第 1 フライアイレンズ
- 14 : 第 2 フライアイレンズ
- 15 : コンデンサレンズ
- 16 : 被照射部
- 41 a, 41 c, 41 d : 変位手段を構成するホログラム素子
- 51 : レーザアレイ光源
- 52 : コリメートレンズアレイ
- 61 : 変調ピッチのホログラム素子
- 62 : フライアイインテグレータ機能を有するホログラム素子
- 63 : 第 1 フライアイレンズ（シリンダリカルレンズアレイ）
- 64 : 第 2 フライアイレンズ（シリンダリカルレンズアレイ）
- 65 : コンデンサレンズ（シリンダリカルレンズ）
- 100 : レーザアレイ光源（または半導体レーザアレイ光源）
- 100 r, 100 g, 100 b : レーザアレイ光源（または半導体レーザアレイ光源）
- 101 : レーザ照明光学系
- 102 : レチクル（露光用マスク）
- 103 : 投影レンズ
- 104 : 基板ステージ
- 105 : レンズ
- 106 : ワーク
- 110 r, 110 g, 110 b : レーザ照明光学系
- 111 r, 111 g, 111 b : ホログラム素子
- 112 : フライアイインテグレータ
- 112 r, 112 g, 112 b : フライアイインテグレータ
- 113 : 色合成手段
- 114 : 空間変調器（ライトバルブ）
- 115 : 投射レンズ
- \* 116 : フィールドレンズ

【図 3】

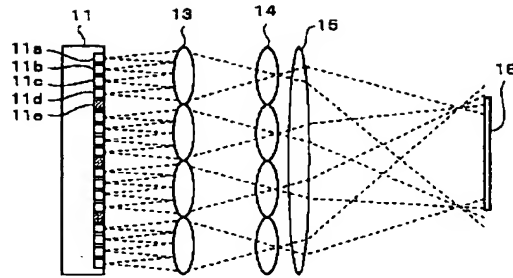




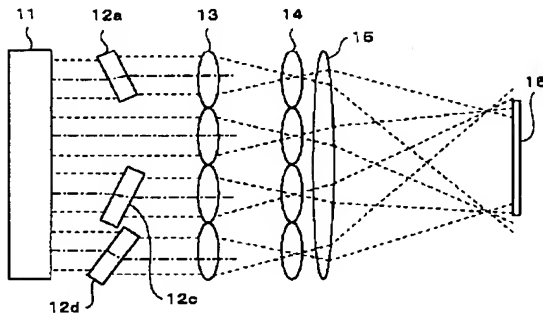
【図1】



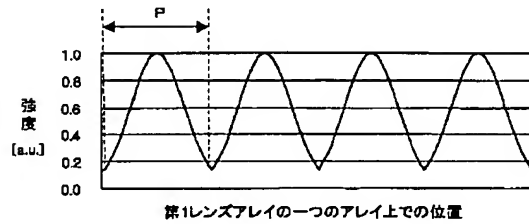
【図2】



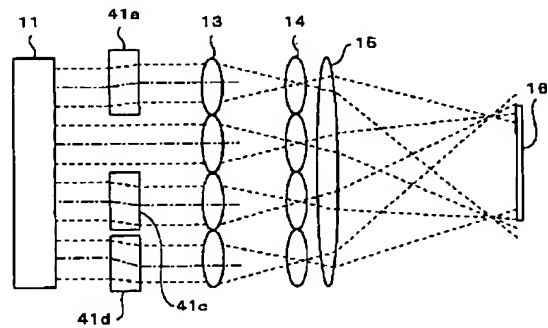
【図4】



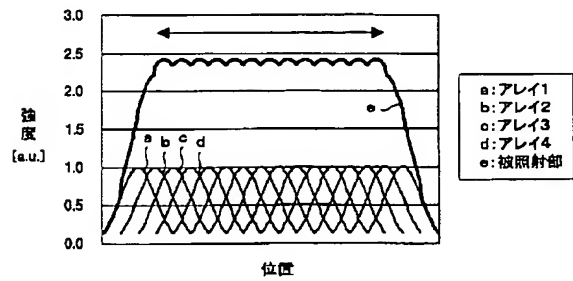
【図5】



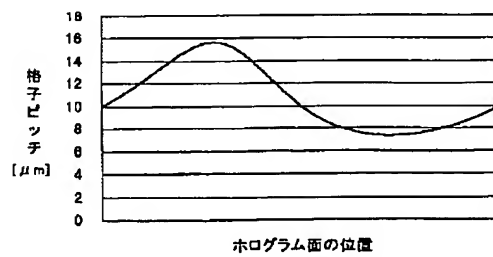
【図7】



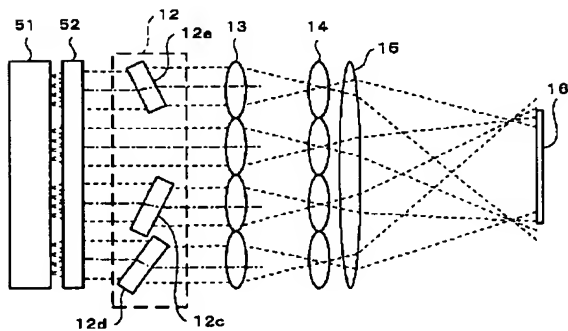
【図6】



【図10】

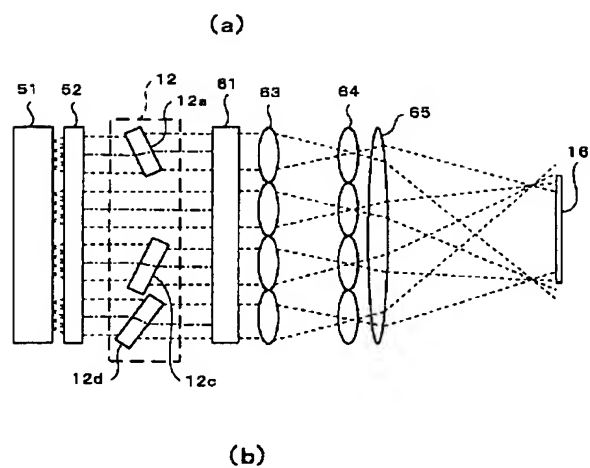


【図8】

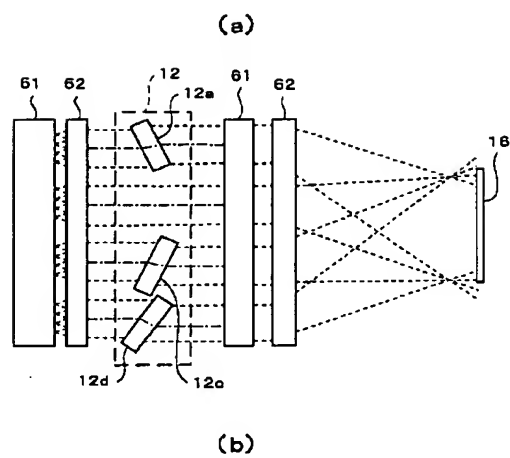




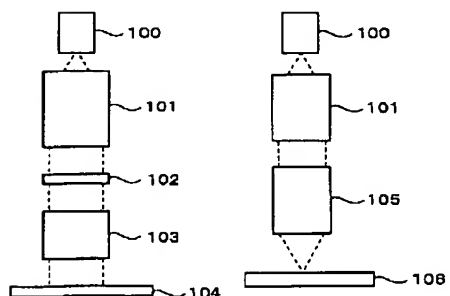
【図9】



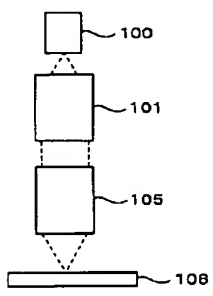
【図11】



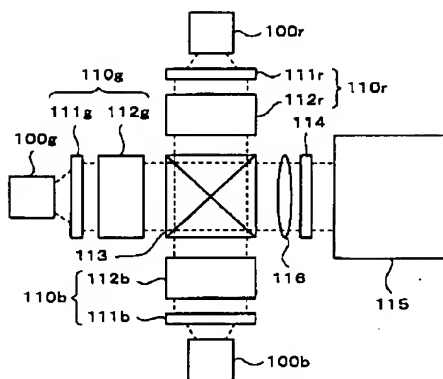
【図12】



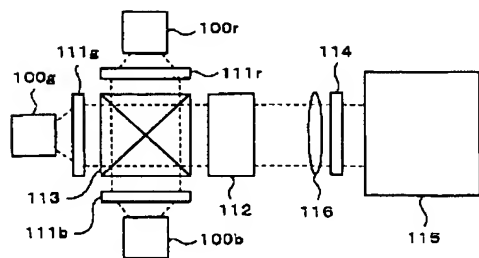
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	タームコード(参考)
G 0 3 F 7/20	5 0 1	G 0 2 B 27/00	V

(72)発明者 亀山 健司  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式  
会社リコー内  
(72)発明者 加藤 幾雄  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式  
会社リコー内

(72)発明者 滝口 康之  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式  
会社リコー内  
F ターム(参考) 2H052 BA02 BA09 BA11 BA12 BA14  
2H097 CA17 GB00 LA10  
5F046 BA04 CA03 CA05 CB13 CB14  
CB23